

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER — ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

N° 52

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE BOTANIQUE
DES KAPOKIER

ET A

L'UTILISATION DE LEURS PRODUITS

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le **Mai 1907**

PAR

Léon-Emile CALVET

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES NATURELLES

POURVU DU CERTIFICAT D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE CHIMIE

PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE

Premier Prix à tous les Concours de fin d'année :

2 Médailles d'argent (1897-98 ; 1898-99) — Médaille d'or (1899-1900)

Plusieurs Prix de Travaux pratiques :

Médaille de bronze (Chimie et Pharmacie, 1897-98) — Médaille d'argent (Micrographie, 1897-1898)

Médaille d'argent (Micrographie, 1899-1900)

Prix de la Ville de Montpellier (1900)

Pour obtenir le Diplôme de Docteur de l'Université de Montpellier

(MENTION PHARMACIE)



JURY

MM. PLANCHON, professeur, *président*.
JADIN, professeur.
GAUCHER, agrégé.

MONTPELLIER

IMPRIMERIE GUSTAVE FIRMIN, MONTANE ET SICARDI

Rue Ferdinand-Fabre et Quai du Verdanson

1907

Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Professeurs

MM.

G. MASSOL (I. P. ☉), directeur. . .	<i>Physique.</i>
L. COURCHET (I. P. ☉)	{ <i>Histoire naturelle des médicaments. Botanique.</i>
C. ASTRE (I. P. ☉)	
L. PLANCHON (I. P. ☉)	<i>Chimie générale.</i>
L. PLANCHON (I. P. ☉)	<i>Matière médicale.</i>
F. JADIN (I. P. ☉)	<i>Pharmacie.</i>
H. IMBERT (I. P. ☉)	<i>Chimie analytique et Toxicologie</i>
H. FONZES-DIACON (I. P. ☉) . .	<i>Chimie minérale.</i>

Cours complémentaires et auxiliaires

MM.

ASTRUC (A. ☉), chargé de cours . .	<i>Minéralogie et Hydrologie.</i>
GAUCHER (I. P. ☉), chargé de cours.	<i>Botanique cryptogamique.</i>
ASTRUC (A. ☉), chargé de cours . .	<i>Pharmacie galénique.</i>
TARBOURIECH (A. ☉), chargé de c.	<i>Analyse qualitative.</i>

Agrégés

MM. GAUCHER (I. P. ☉).

ASTRUC (A. ☉).

TARBOURIECH (A. ☉).

Secrétaire : IZARD (I. P. ☉).

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

Faible témoignage de mon affection.

A CEUX QUI ME SONT CHERS :

A TOUS LES MIENS

L.-E. CALVET.

A MES MAITRES
DE LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE
DE MONTPELLIER

Hommage de respectueuse reconnaissance.

L.-E. CALVET

AVANT-PROPOS

Le kapok ou faux-coton a fourni déjà matière à plusieurs tentatives d'utilisation pharmaceutique, tentatives infructueuses, il est vrai, annoncées dans des publications récentes. M. le professeur PLANCHON, pensant que je serais, peut-être, plus heureux que mes devanciers, m'engagea à reprendre et à poursuivre les recherches effectuées dans cette voie, tout en me conseillant de faire l'étude botanique du kapok, que les auteurs avaient à peu près complètement négligée jusque-là.

Dès le début de mes travaux, j'ai pu constater que si les arbres à kapok avaient été fort bien étudiés au point de vue des caractères floraux qui fixaient à ces végétaux leur place dans la classification, il n'en était pas de même en ce qui concernait leur anatomie générale, et j'ai cru utile d'élargir les limites du champ qui avait été d'abord tracé à mes investigations. Ainsi que le disait hier mon très estimé maître, le professeur FLAHAULT, dans le discours prononcé à la séance de clôture du Congrès des Sociétés savantes, « Un sujet de recherches ne s'indique pas ! Chacun le découvre par lui-même comme il convient ; c'est déjà une découverte que ce choix d'un sujet approprié à ses goûts, à ses aptitudes, à sa préparation antérieure. » C'est pourquoi mon étude, qui devait se limiter primitivement au kapok proprement dit, s'est étendue dans la suite aux différents organes de l'arbre à kapok et à tous les matériaux relatifs aux kapokiers, qu'il m'a été possible de me procurer.

Mais avant d'indiquer les grandes lignes de ce modeste travail, il m'est tout particulièrement agréable de ne pas oublier les nombreuses dettes de reconnaissance que j'ai contractées envers tous ceux, maîtres, amis et collaborateurs, dont le bienveillant con-

cours m'a permis de mener à bonne fin une étude entreprise dans des conditions quelque peu difficiles.

Il n'est pas aisé, en effet, pour un pharmacien ayant quelque souci de sa profession, de se livrer à des travaux de longue haleine. Il manque non seulement de la direction constante et des encouragements si précieux que possèdent les habitués des laboratoires d'enseignement, dont les directeurs aplanissent d'une indication tous les obstacles qu'on rencontre, mais encore, il est obligé de travailler dans des conditions défectueuses d'installation, parfois même sous l'œil des clients qui l'obligent à interrompre sans cesse les observations en cours, pour satisfaire à leurs exigences. D'autre part, en prenant le kapok comme sujet d'études, nous n'avions compté, M. PLANCHON et moi, que sur les ressources des collections du Laboratoire de matière médicale de l'Ecole et sur celles de l'Institut colonial de Marseille ; mais lorsque j'ai voulu agrandir le cadre de mes recherches, il a fallu songer à se procurer des matériaux, et les difficultés ont dès lors commencé. Les collections précédentes, grâce à la bienveillance de MM. PLANCHON et HECKEL, m'avaient fourni quelques fruits jeunes de certain kapokier, des fragments de fruit mûr, et quelque peu de kapok, mais ce n'était là qu'un matériel bien insuffisant. Je ne pouvais m'approvisionner dans les jardins botaniques de France où les kapokiers, qui sont des arbres tropicaux, sont peu ou pas représentés, et il n'existe dans les serres du Jardin des Plantes de Montpellier, qu'un exemplaire de *Bombax pentaphyllum* ARRAB végétant misérablement depuis trente ans et n'ayant jamais fructifié ; j'ai rencontré cependant dans ce jardin, un jeune semis de *Ceiba pentandra* (L.) qui, mis fort aimablement à ma disposition par M. DAVEAU, m'a incité à faire une étude monographique de cette espèce. Je me suis donc adressé à plusieurs correspondants, soit au Sénégal, soit en Indo-Chine, et j'ai pu obtenir ainsi, parfois au prix de frais très élevés, non pas tous les renseignements et tous les matériaux que j'aurais désirés et que j'ai demandés, mais quelques-uns seulement, formant la plus grande partie du matériel ayant servi à mes recherches. J'ai pu bénéficier aussi des relations amicales de M. PLANCHON avec le savant directeur de l'Institut colonial de Marseille, M. le professeur HECKEL, qui, avec une extrême obligeance, dont je lui exprime ma gratitude, et en sa qualité de Commissaire Général-Adjoint de l'Exposition colo-

niale de Marseille (1906), où je me suis rendu, a bien voulu me procurer un certain nombre de fruits de kapokiers, qui avaient été exposés. Enfin, dans cette même Exposition, M. CREVOST, conservateur du Musée agricole et commercial de l'Indo-Chine, à Hanoï, un des principaux organisateurs de la Section indo-chinoise, et M. TEISSONNIÈRES, commissaire-organisateur de la section de Madagascar, ont facilité aussi mes recherches dans leur exposition respective.

Mes dettes de reconnaissance sont donc nombreuses.

Mes plus sincères remerciements s'adressent tout d'abord à M. le professeur PLANCHON, qui, après m'avoir témoigné une bienveillante considération au cours de mes études pharmaceutiques, a bien voulu m'inspirer le sujet de ce travail et en contrôler, point par point, tous les résultats qui y sont consignés, et que je lui ai successivement soumis à chacune de mes trop rares visites à Montpellier. Il a droit à toute ma reconnaissance et je suis heureux de lui exprimer ici ma bien respectueuse amitié.

Je dois à mon excellent ami Louis GIRBAS, des Messageries maritimes, en résidence à Saïgon, la plus grande partie des matériaux d'origine indo-chinoise utilisés dans cette étude. Son bien gracieux dévouement et son obligeance extrême, qu'il m'avait été permis d'apprécier déjà très grandement, n'ont fait qu'accroître, si possible, les liens de famille qui unissent nos amitiés.

M. Paul BONNEL, négociant à Tivaouane, m'a adressé plusieurs envois du Sénégal et m'a donné quelques indications utiles sur les « Fromagers » de cette colonie. Il a fait, en outre, à mon intention, des semis de *Ceiba pentandra* (L.), qu'il m'a été possible d'étudier comparativement avec celui effectué au Jardin des Plantes de Montpellier. Je ne peux que lui renouveler encore mes sentiments de profonde gratitude.

MM. LAGLAIZE, naturaliste à Sedhiou (Casamance-Sénégal) et VERNET, attaché à l'Institut Pasteur de Nha-Trang (Annam), ont bien voulu me fournir quelques renseignements sur les kapokiers de leurs résidences respectives. A eux aussi, mes plus sincères remerciements.

Et puisque j'en suis aux dettes de cœur, je n'aurai garde d'oublier mes anciens Maîtres de la Faculté des Sciences et de l'Ecole de Pharmacie de Montpellier.

Candidat à la licence ès-sciences naturelles, j'ai rencontré au-

près de MM. les professeurs SABATIER, FLAHAULT et DELAGE, un précieux enseignement et une sollicitude quasi-paternelle. Candidat au certificat d'études supérieures de chimie, MM. DE FORCAND et OECHSNER DE CONINCK, m'ont toujours témoigné une très grande bienveillance.

Enfin, devenu élève de l'Ecole supérieure de pharmacie, si la plupart des Maîtres de cette Ecole m'ont accueilli en ami plutôt qu'en élève, tous du moins m'ont témoigné de bien grandes sympathies, qui, lorsqu'une difficulté professionnelle survient, m'autorisent à faire appel encore aux ressources de leur érudition. MM. les professeurs ASTRE, IMBERT et JADIN me permettront, en cette circonstance, de les remercier plus spécialement et de leur présenter ici l'expression respectueuse de ma profonde gratitude et de ma bien grande amitié.

Ayant utilisé tous les matériaux qu'il m'a été possible de me procurer, j'ai pu faire une étude à peu près complète de la morphologie de *Ceiba pentandra* (L.), en même temps qu'une étude de morphologie comparative de la fleur et du fruit dans quatre espèces de kapokiers appartenant à trois genres distincts : *Ceiba pentandra* (L.), *Bombax Ceiba* L., *Bombax buonopozense* PALIS. et *Ochroma lagopus* Sw. N'ayant pas perdu de vue le premier objectif de mes recherches, j'ai fait encore une étude aussi complète que possible des produits utilisables pouvant être fournis par les kapokiers, et plus particulièrement du kapok.

Mon travail, qui est précédé d'une Introduction, comprenant un aperçu historique de nos connaissances sur les arbres à kapok, se trouve donc naturellement divisé en deux parties :

Dans la première, ayant pour titre : Contributions à l'histoire botanique des Bombacées, j'ai réuni toutes les observations relatives à l'étude morphologique de *Ceiba pentandra* (L.), à la morphologie comparée de la fleur et du fruit des *Bombax Ceiba* L., *B. buonopozense* PALIS. et *Ochroma lagopus* Sw., ainsi qu'aux affinités anatomiques des Bombacées, le tout subdivisé méthodiquement en trois chapitres distincts.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des produits fournis par les espèces de kapokiers étudiées dans la première. Une très

grande place est accordée au kapok proprement dit, dont la morphologie, la production avec les modes de culture et de récolte, ainsi que les propriétés physico-chimiques en permettant l'utilisation, se trouvent décrits dans trois chapitres successifs ; enfin les autres produits utiles des kapokiers font l'objet d'un quatrième et dernier chapitre.

L.-E. CALVET.

le 7 avril 1907.

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE BOTANIQUE DES KAPOKIERES

ET A

L'UTILISATION DE LEURS PRODUITS

INTRODUCTION

Les arbres producteurs de kapok, ou kapokiers, qui font l'objet de ce travail, sont des arbres très anciennement connus, habitant les régions tropicales des Deux-Mondes, d'où ils s'étendent parfois, en certains points, dans les parties les plus chaudes des régions tempérées. Les dimensions prodigieuses auxquels ils atteignent et les fruits laineux qu'ils portent ont contribué à frapper, dès les temps les plus reculés, l'attention des voyageurs comme celle des naturalistes, qui ont donné de ces arbres des descriptions assez précises, quoique très imaginées aussi, pour permettre aujourd'hui l'identification des espèces auxquelles elles se rapportent.

CLAUDE DURET (1), un des plus anciens auteurs auxquels aient pu remonter mes recherches bibliographiques, écrivait en 1605 :

« Nous dirons que le Ceibas ou Cerbas est un certain arbre, le plus grand et gros qu'on puisse veoir pour le iourd'huy aux Indes Occidentales ; qu'il est tel, qu'il est impossible de croire ce qu'on escrit de la grandeur et grosseur, y ayat tel d'iceluy, que qua-

(1) CLAUDE DURET, Histoire admirable des plantes et herbes esmerveillables et miraculeuses en nature..... Paris, 1605, p. 117.

torze hommes ne pouvoient pas ensemble embrasser, tant il estoit gros et massif : et par la grandeur et grosseur de cet arbre, on peut iuger quel ombrage il peut porter, lequel n'est point dangereux à ceux qui reposent ou dorment dessous ; son bois est spongieux et léger, presque semblable à celui du liège, il se taille fort aisément, mais on ne s'en peut guère bien servir pour faire des ouvrages ; Ce qui est cause qu'aux lieux où il croist, on le laisse seulement pour le plaisir de l'ombre, puisque à autre effet on ne s'en peut servir : son fruict est long comme le plus grand doigt de la main, gros de deux doigts et rond, et plein de certaine laine subtile, comme cotton ; lequel fruict estant meur s'ouvre de soy-mesme à l'ardeur du soleil, et le vent emporte ceste laine, de laquelle tombent quelques grains semblables à ceux qui sortent de l'arbre qui porte le cotton. »

C'est bien là la description d'un kapokier. L'auteur la fait suivre de quelques relations d'anciens explorateurs ou navigateurs, vantant les dimensions colossales de ces arbres ; l'une d'elles (page 118) mérite d'être rapportée :

« HIEROSME CARDAN, livre 8 de la subtilité des choses escrit, que aux Indes Occidentales il s'est trouvé tel Ceibas, ou Cerbas, genre d'arbre le plus grand de tous, ayant en soy trois troncs, dont chacun avoit de circuit vingt pieds, et les espaces estoient distans entre les troncs auprès de terre d'autant de pieds ; et par ces espaces un chariot bien chargé pouvoit estre mené : Et quand les trois troncs estoient assemblez en un, en la partie d'en-hault, loing de terre, ou environ quinze pieds, la grosseur de l'arbre estoit de quarante-cinq pieds : depuis le bas où le tronc estoit le plus gros, iusques au lieu d'où procédoient les rameaux, ils estoient de quatre-vingts pieds : la partie supérieure dont despendoient les branches, estoit sans moyen de mesure. »

Ainsi que je l'indiquerai plus loin, ce récit n'a rien d'exagéré et on trouve au Sénégal des échantillons de *Ceiba pentandra* auxquels la description de CARDAN pourrait être appliquée. Là où il semble que l'imagination ait eu libre cours, c'est lorsque ce même auteur, suivant CLAUDE DURET, rapporte que :

« Les navigateurs et voyageurs modernes assurent en leurs navigations et voyages, que esdites Indes Occidentales communément les Ceibas ou Cerbas, sont si gros et si massifs, que ordinairement les Indiens bastissent et édifient sur iceux leurs loges

et cabanes, ainsi que les Cicongnes font leurs nids sur les arbres de ce pays ; comme le rapporte Pierre Martyr, en son sommaire des Indes, faisant mention du Palais d'un certain Cacique Abiberiba édifié ou construit sur Ceibas ou Cerbas, fumée, au livre 2, chapitre 62, de son Histoire des Indes. »

Il y a sans doute dans cette relation une grande exagération, tout comme dans la figure que donne CLAUDE DURET (page 122), où cet auteur représente sur un tronc de Ceibas trois maisonnettes (dont l'une avec dépendance), en partie dissimulées dans le feuillage. Il n'en reste pas moins exact que ces arbres ont toujours frappé l'attention des anciens observateurs qui racontent tous les dimensions exagérées des kapokiers, et signalent la laine dont leurs fruits sont porteurs. Il en est de même, d'ailleurs, pour les auteurs postérieurs à CLAUDE DURET : REEDE (1), RUMPHIUS (2), ADANSON (3), BUCH'oz (4), JACQUIN (5), etc., mais déjà leurs descriptions se précisent, les caractères floraux interviennent dans leur littérature comme dans leur peinture, et il y a peu à changer aujourd'hui à ces caractères.

Les affinités que ces arbres présentent au point de vue de la morphologie florale avec les Malvacées, n'échappent pas aux observateurs de la fin du XVIII^e siècle et dans le *Genera* d'A.-L. DE JUSSIEU (6), les Kapokiers, dont le nombre des espèces s'est beaucoup accru, se trouvent réunis dans un même ordre avec les Malvacées (ordre XIV) et d'autres groupes voisins. KUNTH (7), en 1822, démembre l'ordre des Malvacées de DE JUSSIEU et crée l'ordre des Bombacées pour les Kapokiers et les genres les plus voisins, ordre que l'on retrouve dans le *Prodromus* de DE CANDOLLE (8), placé entre l'ordre des Malvacées et celui des Byttneria-

(1) REEDE (H. VAN). — *Arboribus regni Malabarici, pars tertia*, 1682, p. 59-62.

(2) RHUMPHIUS (G.-E.). — *Herbarium amboinense*, 1750, p. 194-197.

(3) ADANSON. — *Familles des plantes*, 1763 ; 1^{re} partie, p. CCX ; 2^e partie, p. 399.

(4) BUCH'oz. — *Histoire universelle du règne végétal...* 1775-1778.

(5) JACQUIN (J.). — *Historia selectarum stirpium americanarum*, 1788, p. 244-247.

(6) DE JUSSIEU (A.-L.). — *Genera plantarum*, 1789, p. 271.

(7) KUNTH. — *Diss. Malvac.*, 1822, p. 5.

(8) DE CANDOLLE (A.-P.). — *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, 1824, p. 475.

cées. Depuis ce dernier auteur, la subdivision de l'ancien ordre des Malvacées a été poussée plus loin encore et il a été créé un certain nombre de groupes secondaires que l'on trouve encore dans l'*Histoire des Plantes* de BAILLON (1) où les Bombacées forment la douzième et dernière série de la famille des Malvacées. Enfin, dans ENGLER et PRANTL (2), les Bombacées se trouvent élevées au rang d'une famille que SCHUMANN place entre la famille des Malvacées et celle des Sterculiacées. C'est la classification proposée par SCHUMANN que j'adopte et dont je donne la traduction des grandes lignes, afin de me permettre de fixer la place systématique des espèces que j'ai étudiées.

Subdivisions de la famille des Bombacacées

A. — Feuilles dentées. Cotylédons plissés ou bien enroulés autour de la radicule. Revêtement de poils étoilés, mais aussi composé de poils simples aux feuilles florales. Calice externe (calicule) manquant. I. ADANSONIÉES

1^o Etamines en nombre infini, conrescentes jusqu'au milieu de leur longueur environ avec un seul sac pollinique :

a) Calice à 5 fentes, à préfloraison valvaire ; graine enrobée dans une masse médulliforme G. **Adansonia**

b) Calice fermé ou se déchirant irrégulièrement ; graine entourée de coton ou bien parois internes du fruit velues G. **Bombax**

2^o Etamines au nombre de 5, soudées en un canal jusqu'au sommet ou bien réunies seulement jusqu'au milieu ; graine entourée de coton :

a) Canal staminal à sommet très court et à cinq dents, portant dans sa partie inférieure une couronne de 5 staminodes ramifiés ; anthères sessiles G. **Chorisia**,

b) Etamines libres dans leur moitié supérieure ; anthères à une seule loge contournée en intestin ou bien à deux ou à quatre loges G. **Ceiba**

(Les genres *Bombax* et *Ceiba* rentrent seulement dans le cadre de mes recherches.)

(1) BAILLON (H.). — Histoire des plantes, t. IV, 1873, p. 104.

(2) ENGLER (A.) und PRANTL (K.). — Die natürlichen Pflanzenfamilien, III Teil, Abt. 6 und 6 a, 1895 : *Bombacaceæ* von K. SCHUMANN, p. 53.

B. — Feuilles simples, nervation palmée ou bien trinerve à la base. Cotylédons plissés ou bien enroulés autour de la radicule. Revêtement composé de poils étoilés, de poils simples ou rarement d'écailles molles. Calicule manqué II. MATISIÉES

(Un seul des huit genres de cette subdivision prend place dans la suite de ce travail ; il a les caractères suivants :)

Calice à 5 lambeaux. Tube staminal en entonnoir, qui, à partir du milieu jusqu'au sommet, est muni de grandes anthères contournées en boyau. Ovaire à cinq loges ; ovules innombrables, ascendants dans chaque compartiment et fixés sur deux rangées. Capsule à déhiscence loculicide suivant 5 valves ; les graines pourvues d'un albumen charnu, sont incluses dans une laine . . G. **Ochroma**

C. — Feuilles à nervation palmée ou bien trinerves à la base. Cotylédons plissés ou bien enroulés autour de la radicule. Revêtement formé d'écailles rigides, dures, toujours présentes. Calicule presque toujours développé (manque seulement dans le *Dialycarpa*). III. DURIONÉES
(Aucun des 8 genres de cette subdivision ne rentre dans mon étude.)

Parmi les nombreuses espèces se rangeant dans les vingt genres que comprend la famille des Bombacées, il ne m'a été permis d'étudier que quatre d'entre elles appartenant à trois genres distincts. Ce sont : *Bombax Ceiba*, *B. buonopozense*, *Ceiba pentandra* et *Ochroma lagopus*.

Le genre **Bombax** créé par Linné, et dans lequel on confond aujourd'hui les genres *Pachira* Aubl., *Carolinea* L., *Eriotheca* et *Salmalia* Schott et Endl., comprend, d'après SCHUMANN, de 45 à 50 espèces qui vivent principalement en Amérique, une seulement en Afrique, 5 ou 6 dans l'Inde et une de ces dernières étend son habitat dans le Nord de l'Australie. D'après ce même auteur, ces différentes espèces peuvent être réparties dans trois sections, avec les caractères suivants :

I. *Eubombax* K. Sch., Blb. Pétales couverts à l'extérieur d'un réseau laineux, tout au plus quatre fois plus longs que le calice. Fruit rempli d'une longue laine blanche. Graine petite.

Parmi les 11 espèces de l'Amérique du Sud, la plus connue est le *Bombax globosum* AUBL. de la Guyane ; la plupart, comme le *B. Wittröckianum* K. Sch., habitent les plateaux du Brésil. Le *Bombax buonopozense* Pal. de Beauv. est originaire de l'ouest de l'Afrique. Le *Bombax Ceiba* L. (= *B. malabaricum* D. C.) est très

répandu depuis les Indes jusqu'au Nord de l'Australie et 3-4 espèces du même genre existent encore dans l'intérieur des Indes.

II. *Pachiroopsis* K. Sch., Blb. Pétales sans poils extérieurement, munis seulement de petites papilles et pour le moins 5 fois plus longs que le calice. Fruit ayant mêmes caractères que dans la section précédente.

Tout au moins, 16 espèces habitant exclusivement l'Amérique tropicale, du Mexique jusqu'au Brésil. Le *Bombax macrocarpum* (Schl.) K. Sch., du Mexique et de l'Amérique centrale, est cultivé dans les serres où il fleurit assez souvent.

III. *Pachira* K. Sch. Blb. Pétales comme dans la section précédente. Fruit revêtu en dedans de poils assez courts. Graine de la grosseur d'une petite noix.

Dans cette section se placent : *Bombax aquaticum* (AUBL.), grand arbre de la Guyane et du cours inférieur de l'Amazone ; *B. insigne* (Sav.), probablement originaire du Sud de l'Amérique et cultivé dans les Antilles, où ses graines rôties sont utilisées comme du cacao.

Le genre **Ceiba** GAERTNER, dans lequel sont confondus maintenant les genres *Bombax* (pars) L., *Eriodendron* D. C., *Erione*, *Campylanthera* et *Gossampinus* SCH. et ENDL., est subdivisé à son tour (d'après SCHUMANN) comme suit :

Section I. *Campylanthera* K. Sch. Anthères contournées en intestin ; un seul sac pollinique ; staminodes 0. Fleurs régulières.

Comprend quatre espèces, dont trois, à grandes fleurs jaunes, appartiennent à l'Amérique tropicale et la quatrième *Ceiba pentandra* (L.), GAERT. (= *Eriodendron anfractuosum* D. C.) est l'arbre à laine le mieux connu, habitant le Mexique, les Antilles, la Guyane, l'Afrique, les Indes Orientales et l'archipel malais.

Section II. *Eriodendron* K. Sch. Anthères linéaires à 2 ou 4 loges ; staminodes 0 ; fleurs régulières.

Ne comprend que deux espèces habitant le Brésil, dont l'une, *Ceiba Rivieri* DUNE, de la province de Sancta-Catharina et Rio-de-Janeiro est une « Baumwürger », vivant en épiphyte à la façon de certains figuiers.

Section III. *Erione* K. Sch. Sur le tube staminal, un anneau non ramifié ou 5 staminodes bifurquées. Fleurs zygomorphes par la courbure des étamines.

Comprend seulement trois espèces : une, de l'Amérique centrale, *Ceiba rosea* (SEEM.) ; deux, de l'Amérique du Sud, *C. pubiflora* (ST-HIL) et *C. jasminiflora* (ST-HIL.).

Quant au genre **Ochroma** Sw., il n'est représenté que par une seule espèce, *Ochroma lagopus* Sw., habitant les Antilles et les régions les plus chaudes de l'Amérique du Sud.

Ainsi se trouve bien définie maintenant la place systématique des quatre espèces dont je me suis occupé : *Ceiba pentandra* (L.), *Bombax Ceiba* L., *B. buonopozense* PALIS. et *Ochroma lagopus* Sw.

Les créateurs des nombreuses espèces de kapokiers se sont attachés surtout, dans leurs descriptions, à faire connaître la morphologie externe de ces dernières. Les caractères extérieurs des organes de reproduction ont été fort bien étudiés, ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le dire, et ont servi de base à la systématique de ces végétaux. Il n'en est pas de même en ce qui concerne les caractères anatomiques qui ont été longtemps totalement ignorés, et sur lesquels, encore aujourd'hui, on ne trouve que de sommaires indications :

SCHLEIDEN (1) décrit, en 1839, le bois secondaire de *Bombax* (*Ceiba*) *pentandra* L., qui, d'après cet auteur, serait à peu près complètement constitué de parenchyme et de vaisseaux avec quelques fibres dans le bois d'automne.

MOELLER (2), dans son étude comparative de la structure de l'écorce, en 1882, s'est occupé de *Bombax Ceiba* L., et j'aurai l'occasion plus tard d'analyser ses résultats.

DUMONT (3) est l'auteur qui a le plus contribué à la connaissance anatomique des Bombacées. Il a donné des notions succinctes sur la structure de la tige, du pétiole et des faisceaux pétiolaires chez *Eriodendron anfractuosum* (= *Ceiba pentandra*) et *Bombax Ceiba*, ainsi que dans quelques autres Bombacées dont je n'ai pas eu à m'occuper.

(1) SCHLEIDEN. — Archiv für Naturgeschichte von Wiegman, 1839, 9 et 10, p. 228.

(2) MOELLER (Dr J.). — Anatomie der Baumrinden, 1882, p. 242.

(3) DUMONT (A.). — Recherches sur l'anatomie comparée des Malvacées, Bombacées, Tiliacées et Sterculiacées (*Ann. des Sc. nat., Bot.*, 7^e sér., t. VI, 1887, p. 169 et 170).

Enfin, COLLIN et PERROT (1), en 1904, ont donné en vue de l'analyse du tourteau de kapok, une description sommaire de la structure de la graine de l'*Eriodendron anfractuosum* (= *Ceiba pentandra*).

Quant aux produits utilisables fournis par les kapokiers, et en dehors des renseignements que l'on rencontre dans les relations des anciens auteurs, ils ne font l'objet que de peu d'observations insérées çà et là, dans des publications de vulgarisation scientifique ou dans les Bulletins économiques des régions intéressées. Ces observations et renseignements sont pour la plupart rapportés dans une étude récente de M. PERROT (2) où l'auteur s'occupe aussi de diverses questions intéressant le kapok et son utilisation.

BEILLE et LEMAIRE (3), à peu près en même temps que PERROT, ont étudié aussi les propriétés physico-chimiques du kapok et ont essayé de le transformer en une ouate pouvant remplacer le coton en médecine.

Ce court aperçu historique indique suffisamment les nombreuses questions qu'il reste à résoudre dans l'histoire des kapokiers et plus particulièrement dans leur histoire botanique. Mon travail, je pense, solutionnera quelques-uns de ces problèmes et il me reste maintenant à entrer dans l'exposé de mes recherches.

(1) COLLIN (Eug.) et PERROT (Em.). — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisés par l'agriculture comme aliments et comme engrais. Paris, 1904, p. 190.

(2) PERROT (Em.). — Des produits utiles des *Bombax* et en particulier du kapok (*Bullet. du Jard. colon.*, janv. 1905).

(3) BEILLE et LEMAIRE. — Le kapok et son emploi en médecine (*Bullet. Soc. Pharmac. de Bordeaux*, avril 1904).

PREMIÈRE PARTIE

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE BOTANIQUE DES BOMBACÉES

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE MORPHOLOGIQUE DE *CEIBA PENTANDRA* (L.)

I. — Morphologie externe

Le *Ceiba pentandra* (LINNÉ) GAERTNER, plus communément désigné sous le nom d'*Eriodendron anfractuosum* DE CANDOLLE, est un des kapokiers les plus anciennement connus, dont la distribution géographique s'étend à peu près sur tous les continents à climat tropical. Très répandu dans la plupart des îles composant l'Archipel asiatique et dans les différentes divisions territoriales de l'Indo-Chine, ce kapokier habite aussi les régions tropicales de l'Afrique occidentale, ainsi que les Antilles et l'Amérique tropicale.

De très grandes dimensions, le *Ceiba pentandra*, qui peut atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur, possède un port quelque peu variable suivant les conditions du milieu dans lequel il vit : en clairière, les premières branches s'étalent à une faible distance et parallèlement au niveau du sol, prenant ainsi un port qui rappelle à certains égards celui du cèdre ou du sapin ; dans un milieu fourré, au contraire, le tronc s'élance sans ramifications jusqu'à une certaine hauteur, et se termine alors par une touffe de branches. A l'état jeune, le contour de la tige est assez régulièrement ovale ; mais avec l'âge, et au fur et à mesure de son accroissement, le tronc ne tarde pas à présenter une succession de saillies et de

dépressions longitudinales, s'accusant graduellement et rendant le tronc très irrégulier de forme (1) en même temps que son volume acquiert des dimensions considérables (2).

Le tronc est habituellement pourvu d'aiguillons ou épines très fortes, de forme conique et se terminant par une pointe aiguë (fig. 1). Tous ces arbres, cependant, n'en sont pas pourvus et au Sénégal, par exemple, dans des points très rapprochés, on rencontre des « Fromagers » à aiguillons et des « Fromagers » sans aiguillons. Ce fait (3), qui m'a été rapporté par plusieurs officiers coloniaux, s'expliquerait par la nature même du terrain : plus le sol est aride et plus le tronc de ces arbres est épineux. D'ailleurs, ces productions particulières du *Ceiba pentandra* sont sujettes à diverses variations tenant à l'origine même des échantillons qu'il m'a été permis d'étudier.

Sur des matériaux venant du Sénégal et sur lesquels il m'a été possible de faire une étude complète des aiguillons, ceux-ci se présentent de très bonne heure à l'extrémité des jeunes rameaux, sous forme de petites taches noirâtres qui proéminent graduellement ; ils se transforment en aiguillons très durs, acérés, se répartissant, dans les jeunes branches, d'une manière assez irrégulière à la surface de l'écorce, qui, par suite d'un développement inégal du liège, se montre toute plissée. Dans les branches plus âgées, dont l'écorce écailleuse mesure jusqu'à 1 centimètre d'épaisseur, les aiguillons forment des saillies coniques de dimensions variables, mais atteignant jusqu'à 4 centimètres de hauteur avec une base d'un diamètre de 3 centimètres ; quoique le plus souvent isolés, ces aiguillons, dont la pointe est légèrement incurvée, peuvent être concrets par leur base et former ainsi une épine à

(1) M. P. BONNEL, négociant à Tivaouane (Sénégal), m'écrivait qu'il avait rencontré en Casamance un de ces arbres, séculaire sans doute, dont les excavations du tronc auraient pu loger une voiture attelée.

(2) D'après M. LAGLAIZE, le *Ceiba pentandra* devrait être considéré comme le plus gros arbre de l'Afrique occidentale, et ce naturaliste m'écrivait avoir rencontré un « Bentanier » dont le tronc était si gros que vingt hommes se donnant la main ne pouvaient l'entourer.

(3) M. le docteur PERROT (Des produits utiles des Bombax..., p. 29) signale aussi (d'après M. CHEVALIER) l'existence en Afrique occidentale de deux variétés : l'une toujours pourvue d'épines et l'autre inerme.

deux, trois et quelquefois quatre pointes indépendantes. Ces aiguillons sont caduques et, tandis que dans les jeunes arbres ils recouvrent à peu près toutes les ramifications, dans les sujets plus âgés



Fig. 1. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : Aspect de l'écorce portant des aiguillons (Sénégal). Vue photographique ($\times$. 3/7)

(après la troisième année, suivant M. LAGLAIZE), ils n'existent plus que sur les branches nouvellement développées, les parties plus anciennes ayant perdu ceux qu'elles portaient.

Quant aux échantillons provenant de l'Indo-Chine, il m'a paru que les branches jeunes étaient dépourvues d'aiguillons et leur surface était absolument lisse. Les écorces sur lesquelles j'ai constaté la présence de ces formations, m'ont semblé appartenir à des ramifications beaucoup plus âgées et peut-être même appartenaient-elles uniquement au tronc (1) ? Dans ces dernières, l'écorce présente des productions liégeuses, blanchâtres, et en certains points, des épaisissements plus importants constituant des aiguillons sous forme d'aspérités coniques, peu élevées mais à base très élargie, dont la consistance est beaucoup moins dure que celle des aiguillons du Sénégal, et dont la pointe est peu ou pas acérée.

Il existe donc, quant à l'absence ou à la présence des aiguillons, et dans ce dernier cas, quant au mode d'apparition et de distribution des aiguillons sur les diverses parties de l'arbre dans ses divers âges, des différences qui ne sauraient servir de base à la création de variétés autour d'une forme-type spécifique. Ces variations, qui ne constituent que des caractères d'ordre bien secondaire ne peuvent être considérées que comme résultant des différences dans l'ensemble des conditions biologiques auxquelles l'arbre se trouve soumis, soit dans les divers terrains d'une même contrée, soit dans les diverses contrées qu'il habite.

Suivant aussi la nature du sol dans lequel il végète, le *Ceiba pentandra* est fixé à ce dernier par un appareil radical généralement très développé, mais variable dans sa distribution souterraine. Composé de racines profondes et de racines superficielles, cet appareil fixateur est d'autant plus riche en racines profondes qu'il se trouve dans un sol sablonneux et par conséquent sujet à la dessiccation, et d'autant plus riche en racines superficielles que le sol est plus compact.

(1) M. VERNET, de l'Institut Pasteur de Nha-Trang (Annam), a confirmé mes observations en m'écrivant que : « L'Eriodendron anfractuosum d'ici (Nha-Trang) ne porte d'épines qu'à la base du tronc et, dès les premières branches, on n'en trouve plus trace. C'est, du moins, ce que j'ai pu observer aujourd'hui sur les arbres de la concession de M. le docteur GERSIN, âgés de cinq ans environ. »

Les feuilles sont palmatilobées, avec un nombre de folioles très variable. Celles-ci naissent successivement à l'extrémité distale et élargie d'un long pétiole, mesurant de 10 à 16 centimètres de longueur, dont l'extrémité proximale s'insère sur la tige ou le rameau par une portion légèrement élargie mais non engainante.



Fig. 2. — *Ceiba pentandra* (L.). Feuille légèrement réduite, provenant de l'Annam.

Les folioles, dans les feuilles que l'on peut considérer comme ayant accompli tout leur développement, sont le plus généralement au nombre de 7, mais il n'est pas rare d'en compter 8, 9 et jusqu'à 10 (fig. 2) ; à l'état adulte, elles sont lancéolées-mucronées,

à bord entier, assez résistantes et légèrement glauques en dessus ; mais lorsqu'elles sont très jeunes, les folioles ont le bord finement dentelé, à dents très écartées, dans lesquelles se termine une des nervures latérales secondaires de la foliole. La nervure médiane est très apparente dans chaque foliole, formant même une saillie très accusée à la face inférieure, de même que les nervures latérales qui se rejoignent à une certaine distance du bord de la feuille. Au moment de la chute des feuilles, les folioles mesurent de 10 à 25 centimètres de longueur et de 3 à 5 centimètres $\frac{1}{2}$ de largeur ; examinées de près, elles présentent alors sur les deux faces, mais plus principalement sur la face supérieure, de petites taches brunes, légèrement noirâtres, formant des punctuations plus ou moins irrégulièrement distribuées, qui, ainsi que me l'a montré l'anatomie, sont dues à des formations secondaires.

Dans la région du Sénégal, tout au moins, le *Ceiba pentandra* donnerait de l'ombre toute l'année. Il change ses feuilles deux fois par an, en mars et en octobre, et il arrive souvent que les feuilles anciennes ne sont pas encore toutes tombées que déjà l'arbre porte une nouvelle frondaison. L'apparition des feuilles s'effectue d'ailleurs très rapidement, en une nuit même, et « il est curieux de voir au matin un Bentanier complètement vert et recouvert de feuilles, alors que la veille au soir il en était absolument dépourvu », ainsi que me l'écrivait M. LAGLAIZE ; en une douzaine de jours, toutes les branches sont pourvues de nouvelles feuilles qui donnent à l'arbre une teinte claire très brillante.

Les fleurs, d'après des échantillons reçus de Saïgon (1), sont rassemblées aux extrémités des rameaux où elles forment une sorte d'inflorescence assez volumineuse, dans laquelle elles se montrent groupées de 3 à 12, sur une courte ramification du rameau principal. Ces groupes sont très rapprochés les uns des autres, formant des inflorescences secondaires, et sur un rameau mesurant à peine 5 centimètres de longueur, j'ai pu compter 13 de ces dernières comprenant ensemble 75 fleurs. Les boutons floraux sont piriformes ; ils sont complètement enveloppés par un calice gamosépale

(1) Je n'ai reçu que beaucoup trop tard ces échantillons pour en tirer tout le parti convenable ; mais ils ne seront pas sacrifiés et feront l'objet d'une étude ultérieure.

présentant, à l'extrémité du bouton opposée au pédoncule, une très petite ouverture punctiforme, qui, au moment de l'éclosion, s'élargit par la formation de cinq fentes, déterminant autant de dents sur le bord distal du calice. La fleur épanouie, portée par un pédoncule de 3 centimètres de longueur environ, montre un calice de 18 millimètres de hauteur et une corolle de 35 millimètres, que les étamines dépassent légèrement, de manière que l'ensemble de la fleur mesure environ 7 centimètres dans sa longueur totale.

Les fleurs provenant du Sénégal (fig. 3), sont un peu moins gran-



Fig. 3. — *Ceiba pentandra* (L.). Fleur : A. Vue générale ; B. Coupe longitudinale

des que celles d'Indo-Chine : elles mesurent environ 5 centimètres et 1/2 de longueur totale. Sur un réceptacle concave, s'insère un périanthe composé d'un calice gamosépale à 4 ou 5 dents d'un vert jaunâtre, et d'une corolle dialypétale dont les cinq pièces, libres et également développées, légèrement obtuses au sommet, mesurent 2 centimètres de longueur environ et 5 à 7 millimètres de largeur (13 millimètres de largeur dans les fleurs provenant de Saïgon).

Les pétales, très veloutés et jaunâtres sur leur face externe, ont une coloration brun rougeâtre sur leur face interne où des poils moins développés que dans la face externe existent seulement dans la portion distale. Les cinq pétales dont la préfloraison est tordue, sont réunis à leur base en une petite colonne qui, au centre de la fleur, est continuée par la colonne staminale. Celle-ci, très courte,

porte cinq étamines dont les filets filiformes se terminent, chacun, par deux anthères très longues et sinueuses.

L'ovaire, infère, comprend cinq carpelles à placentation axile, se prolongeant distalement en un style allongé dont le stigmate est élargi et découpé ; le style présente un renflement basilaire, séparé de l'ovaire par un rétrécissement formant gorge, dans la-



Fig. 4. — *Ceiba pentandra* (L.) Fruits, aspect extérieur : A. Fruit provenant de Madagascar. B. de l'Annam ($\times$. 2/3).

quelle est logé une sorte d'éperon porté par les filets staminaux, qui, à ce niveau, embrassent le style et déterminent sur son renflement cinq impressions longitudinales. La cavité ovarienne se trouve donc divisée en cinq loges dans lesquelles sont renfermés les ovules semi-anatropes.

De toutes les fleurs portées par l'inflorescence primitive, il n'en est qu'un petit nombre qui subissent une évolution complète et se transforment en fruits. La plupart d'entre elles tombent ou avortent, de manière que chacune des inflorescences secondaires ne porte finalement qu'un seul fruit, rarement un plus grand nombre, et l'allongement des rameaux porteurs intervenant aussi, les fruits se trouvent isolés et éloignés les uns des autres.

A la maturité, le fruit est une capsule oblongue, quelque peu incurvée en croissant, extrêmement dure, de dimensions variables et présentant cinq faces plus ou moins distinctes et plus ou moins irrégulières (fig. 4). De l'examen comparatif qu'il m'a été permis de faire sur les nombreux fruits du *Ceiba pentandra*, envoyés par diverses colonies à l'Exposition coloniale de Marseille (1906), il résulte que la forme du fruit peut être quelquefois raccourcie et la capsule être simplement globuleuse et peu allongée ; de même, la longueur, qui oscille le plus souvent entre 10 et 15 centimètres, atteint parfois 20 centimètres, ainsi que j'ai pu le constater sur un échantillon provenant du Congo (1). Enfin, parmi un stock de fruits provenant de l'Indo-Chine, j'en ai trouvé un certain nombre ayant l'aspect représenté dans la figure 5 : ce sont des fruits

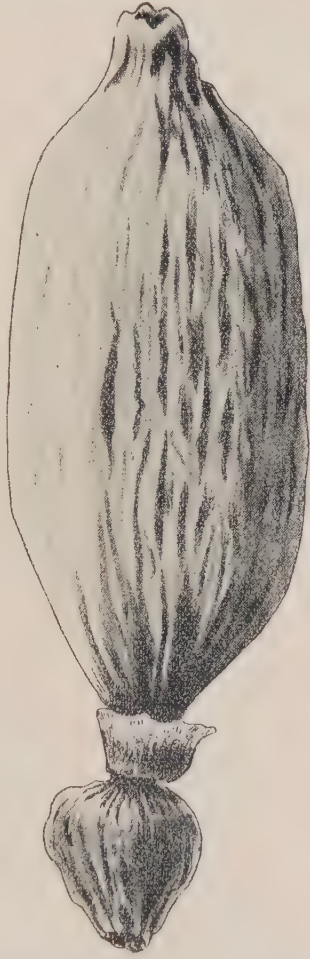


Fig. 5. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit anormal provenant de l'Indo-Chine.

(1) Le docteur E. PERROT (Des produits utiles des Bombacées..., p. 29), n'attribue que 8 centimètres environ à la longueur de la capsule.

formés par deux capsules successives, très inégales de dimensions et séparées par un calice, qui parfois fait défaut, mais qui dans ce cas est tombé après avoir formé l'étranglement ; des traces relevées à la base de la capsule inférieure, indiquent que celle-ci possédait un calice qui a été enlevé au moment de la cueillette du fruit. C'est là une monstruosité qui ne paraît pas être rare et qu'il m'a paru intéressant de signaler, d'autant que, sur une coupe longitu-



Fig. 6. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit : à gauche, fruit privé de deux de ses valves et montrant la disposition en pelotes du kapok, au moment de la déhiscence ; à droite, deux valves du fruit vues par leur face interne et montrant les empreintes alvéolaires produites par les pelotes du kapok (Vue photographique : $\times$. 2/3).

dinale, j'ai pu observer qu'il y avait continuité entre les loges des deux capsules, mais que la capsule inférieure ne renfermait uniquement que du kapok sans graines.

Les fruits de *Ceiba pentandra*, parvenus à maturité, sont d'une



Fig. 7. — *Ceiba pentandra* (L.). Trois fruits après la chute des valves et le départ du kapok : les cloisons du fruit, revêtues de poils courts, sont encore portées par le pédoncule au sommet duquel le calice est persistant. (Vue photographique $\times 4/5$.)

coloration variable suivant la provenance : vert sale, jaunâtre ou rouge-brun ; la surface présente des dépressions longitudinales plus ou moins accentuées, qui, dans quelques cas, s'accompagnent de petits soulèvements des parties en saillie qui les limitent, formant des verrucosités plus ou moins prononcées, dans la partie distale surtout. Portés par un pédoncule légèrement courbé, de 4 centimètres de longueur environ, auquel adhère le calice persistant, les fruits, au moment de la déhiscence, s'ouvrent par éclatement suivant cinq sections longitudinales qui déterminent cinq valves s'écartant progressivement les unes des autres, jusqu'à complète séparation du pédoncule. Le fruit se montre alors sous la forme d'une masse de boulettes cotonneuses, d'inégales dimensions (fig. 6), pressées les unes contre les autres et d'une coloration gris-cendré ou simplement blanchâtre. Ces boulettes ou petites pelotes ont moulé leur contour sur la paroi interne des valves, qui présente en effet des reliefs membranoux, blanchâtres, découpant sa surface en une sorte de réseau alvéolaire bien accusé. Mais, au contact de l'air, ces petites masses cotonneuses augmentent rapidement de volume ; les poils qui les forment s'écartent les uns des autres, et sous l'action du moindre vent, les boulettes qui renferment chacune une graine à leur centre, sont enlevées, abandonnant le fruit qui ne comprend plus dès lors que le placenta et ses cloisons (fig. 7). Ceux-ci se divisent à leur tour en cinq branches portant également une masse cotonneuse, mais à filaments courts, qui, adhérentes au pédoncule du fruit, ne quittent l'arbre qu'avec la chute du pédoncule lui-même. Dans les fruits provenant du Sénégal, les cloisons placentaires sont très cotonneuses sur toute leur surface ; dans les fruits de l'Indo-Chine, les formations cotonneuses existent bien sur toute la surface des cloisons, mais avec des dimensions beaucoup plus réduites sur la cloison proprement dite que sur le bord placentaire qui possède de longs poils, tandis que la cloison ne porte que des poils très courts.

II. — Structure anatomique

La morphologie interne du *Ceiba pentandra* a été établie d'après des matériaux fournis par des plantes très âgées de diverses provenances, ainsi que par l'étude de jeunes échantillons obtenus par des semis faits à des époques différentes dans les jardins botaniques de Montpellier et de Marseille, ainsi qu'au Sénégal même.

A. — Racine

1° STRUCTURE PRIMAIRE. — La racine principale d'une plante ayant une vingtaine de jours, présente dans une coupe transversale faite à une faible distance de son extrémité :

A l'extérieur, des poils absorbants, courts, renflés à leur base et se terminant en col de bouteille ; une écorce très développée, de structure assez homogène, constituée par des cellules arrondies laissant entre elles des méats, les cellules des assises internes étant plus grandes que celles des assises externes et offrant une disposition quelque peu irrégulière.

A l'intérieur, le tissu cortical est limité par un endoderme à grandes cellules dont la membrane a une épaisseur uniforme. Le cylindre central possède quatre à six faisceaux ligneux, qui atteignent parfois le centre de la racine, de manière que la moelle est nulle ou bien très réduite. Ces faisceaux alternent avec un nombre égal de faisceaux libériens, qui, de très bonne heure, sont protégés extérieurement par des fibres péricycliques. La moelle, lorsqu'elle existe, présente la même structure que le tissu cortical.

2° FORMATIONS SECONDAIRES. — Dans une coupe transversale opérée à un niveau plus élevé que ci-dessus, les formations secondaires apparaissent (fig. 8) :

Le phelloderme se forme dans le péricycle lui-même : il est extra-libérien. Il fonctionne vers l'extérieur avec une grande activité et rejette en totalité toute l'écorce primaire qu'il remplace par un liège très épais ; vers l'intérieur, au contraire, il ne donne naissance qu'à un parenchyme cortical des plus réduits.

Dans les racines provenant des semis effectués dans les Jardins botaniques de Montpellier et de Marseille, j'ai pu constater que le phelloderme (fig. 9 et fig. 10) pénétrait vers le centre de la

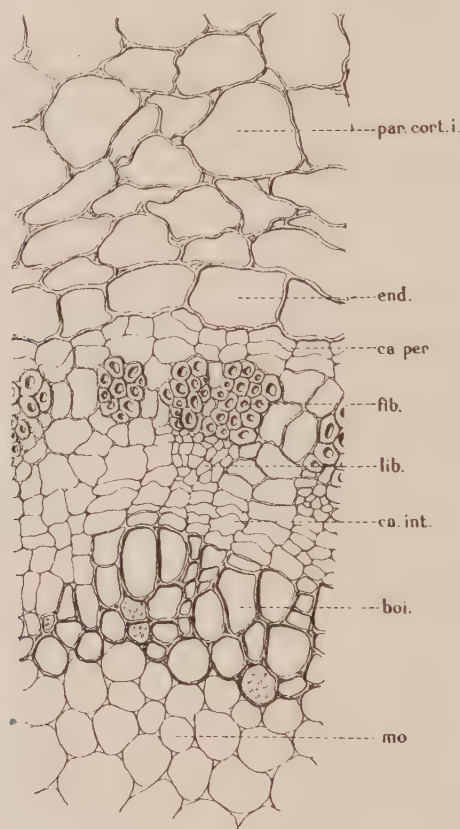


Fig. 8. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine (provenant d'un semis fait au Sénégal); coupe transversale : apparition des formations secondaires — *boi*, bois ; *ca. int.*, cambium interne ; *ca. per.*, phelloderme péryclic ; *end*, endoderme ; *fib*, fibres péryclics ; *lib*, liber ; *mo*, moelle ; *par. cort. i*, parenchyme cortical interne ($\times$. 200).

racine, passait à travers le liber et prenait à celui-ci quelques amas de fibres que l'on trouve déjetés plus ou moins en avant dans l'épaisseur du liège.

L'assise générale interne est discontinue (fig. 9), au moins dès le début de son apparition ; les formations de bois et de liber



Fig. 9. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine : Schéma d'une coupe transversale, montrant le phelloderme (représenté par la deuxième ligne intérieure) passant à travers le liber et expliquant la présence de fibres dans le liège. — boi. I, bois primaire; boi. II, bois secondaire; ec., écorce; fib., fibres; fib. lib., fibres libériennes; li., liège; lib., liber (x. 43).

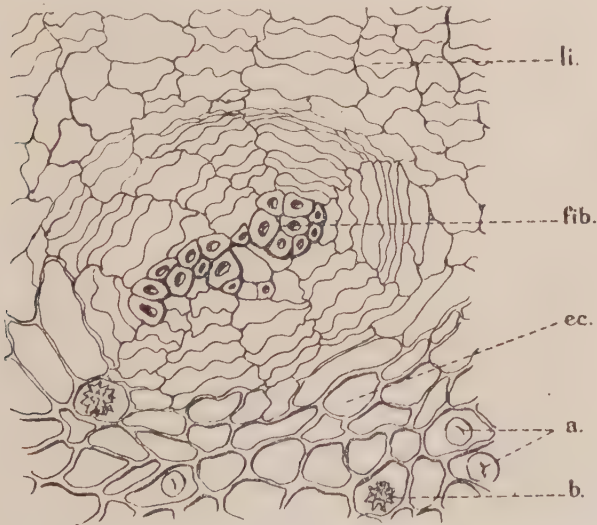


Fig. 10. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine : portion de coupe transversale montrant un flot de fibres rejeté à l'extérieur par le phelloderme. — a., amidon; b., oxalate de chaux; ec., tissu cortical; fib., fibres; li., liège (x. 300).

secondaires ont lieu uniquement entre les faisceaux de bois primaire : de là, l'existence de larges rayons médullaires séparant les faisceaux libéro-ligneux secondaires.

3° RACINES AGÉES. — Une racine de 5 millimètres de diamètre, provenant d'un grand *Ceiba pentandra*, offre sur une coupe transversale, la structure suivante :

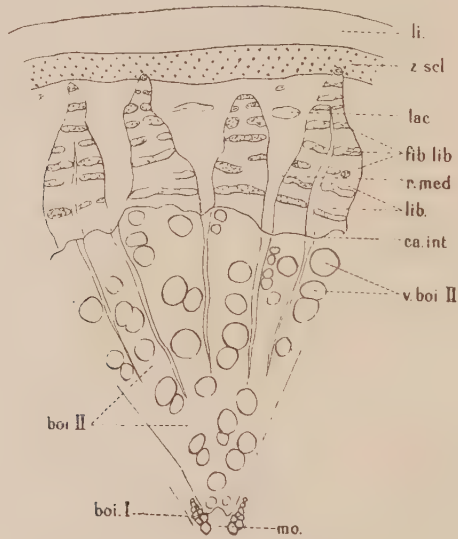


Fig. 11. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine d'un grand arbre : schéma d'une partie de coupe transversale. — boi. I, bois primaire ; boi. II, bois secondaire ; ca. int., cambium interne ; fib. lib., fibres libériennes ; lac., poche à gomme ; li., liège ; lib., liber ; mo., moelle ; r. med., rayon médullaire ; v. boi. II, vaisseaux du bois secondaire ; z. scl., zone scléreuse ($\times$. 32).

A l'extérieur (fig. 11), un liège très épais, protecteur ; au-dessous, une écorce très réduite dont la plupart des cellules deviennent fortement scléreuses et constituent des sclérites se disposant tout autour de la racine en amas irréguliers et discontinus (fig. 12). Cette zone scléreuse s'étend, vers l'intérieur, tout autour des extrémités des cônes libériens, ce qui explique la présence de fibres parmi les sclérites.

A l'intérieur, le liber est très développé ; il est subdivisé par de

larges rayons médullaires, qui s'étalent en éventail vers l'extérieur, en un certain nombre de massifs triangulaires, irréguliers, dont la base repose sur le cambium et dont le sommet formé de fibres avoisine la zone scléreuse ou s'y enfonce même. Le liber est, en

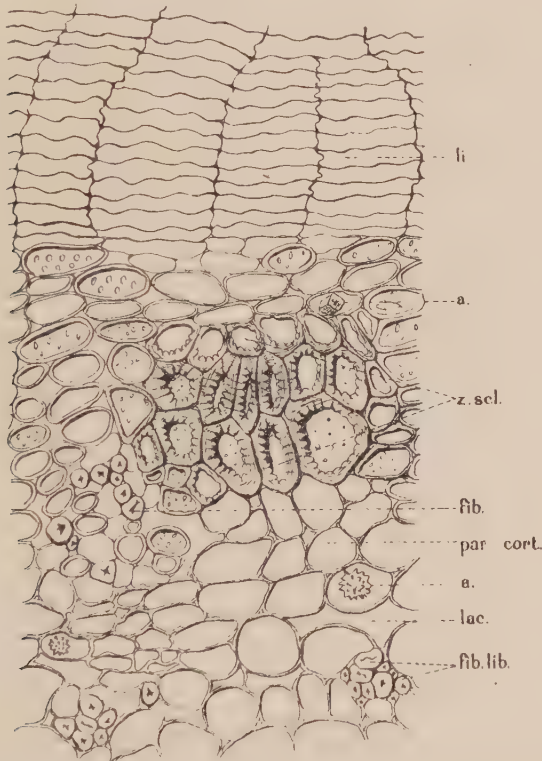


Fig. 12. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine : partie extérieure d'une coupe transversale. — a, oxalate de chaux; *fib. lib.*, fibres libériennes; *lac.*, lacune; *li.*, liège; *par. cort.*, parenchyme cortical; *z. scl.*, zone scléreuse ($\times$. 200).

outre, fragmenté par des amas de fibres arrondies, à lumen très petit et de forme variable, disposées en couches concentriques très régulièrement distribuées. Quant aux bandes libériennes molles, elles sont formées par des tubes criblés, ou bien ouverts, ou écrasés, et par un parenchyme à cellules radiales régulières avec des méats intercellulaires.

On constate déjà l'existence des poches à gomme dans les rayons

médullaires libériens ; elles y sont encore rares cependant, allongées tangentiellement et longitudinalement, de forme très irrégulière, et s'étendent parfois à travers le tissu libérien, entre deux bandes fibreuses.

Le bois (fig. 13) est surtout caractérisé par les grandes dimensions de ses vaisseaux dont l'ouverture ovale, sur une section transversale, se distingue facilement à l'œil nu. C'est ainsi que

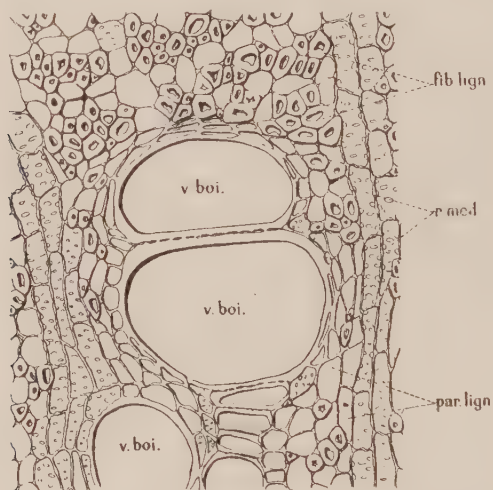


Fig. 13. — *Ceiba pentandra* (L.). Racine : bois, coupe transversale. — *fib. lign.*, fibres ligneuses ; *par. lign.*, parenchyme ligneux ; *r. med.*, rayon médullaire ; *v. boi.*, vaisseaux du bois ($\times$. 150).

dans une racine de 5 millimètres de diamètre, ils possèdent déjà un diamètre de $200\ \mu$ et que, dans une racine de 5 centimètres de diamètre, on trouve des vaisseaux mesurant jusqu'à $380\ \mu$ de diamètre longitudinal, et $270-290\ \mu$ de diamètre transversal. Le très grand développement des vaisseaux ligneux contribue à rendre le bois de la racine très poreux et d'une très grande légèreté. Les vaisseaux sont le plus souvent isolés ou réunis par petits groupes de deux ou trois : ils sont ponctués, avec ou sans aréoles, et lorsque celles-ci existent, avec une boutonnière transversale. Dans les racines d'un développement encore plus avancé que celle dont il s'agit, j'ai pu observer dans les vaisseaux ligneux, des thylls qui en fermaient la cavité. Enfin, les vaisseaux sont réunis par un

parenchyme ligneux à cellules polygonales ayant une membrane mince et légèrement ponctuée, et dans lequel sont éparses de nombreuses fibres rarement isolées et le plus souvent réunies en groupes assez importants, formant un véritable réseau dans l'épaisseur du bois ; le lumen de ces fibres est grand et en rapport avec leur diamètre. Les rayons médullaires ligneux sont plurisériés et possèdent, à cause même du grand développement des vaisseaux, une direction ondulée.

La moelle, toujours très réduite, n'occupe pas le centre de la racine ; elle présente ordinairement une grande lacune centrale autour de laquelle se dispose le parenchyme médullaire formé de cellules arrondies dont quelques-unes ont la membrane lignifiée. A la périphérie de la moelle et malgré l'âge avancé de la racine, on distingue toujours facilement les faisceaux de bois primaire.

4° CONTENU CELLULAIRE. — Le tannin apparaît de très bonne heure dans la racine ; on le rencontre surtout dans les éléments de l'écorce extérieure et des rayons médullaires, soit seul, soit avec de l'amidon.

L'amidon est également très abondant et on le trouve principalement dans le bois, où le parenchyme ligneux et les rayons médullaires en ont les cellules remplies. De dimensions variables (17-30 μ de diamètre), les grains d'amidon se présentent sous une forme arrondie ou ovale, avec des stries concentriques, tantôt sans hile, tantôt au contraire avec un hile central très marqué, le plus souvent linéaire.

La racine est aussi très riche en oxalate de chaux que l'on rencontre avec ses diverses formes cristallines, principalement dans les rayons médullaires, l'écorce et la moelle.

B. — Tige

Comme pour la structure primaire et secondaire de la racine, j'ai utilisé pour l'étude de la tige, les jeunes plantes provenant de divers semis effectués dans les Jardins botaniques de Montpellier et de Marseille, ainsi qu'au Sénégal.

1° STRUCTURE PRIMAIRE. — Elle offre les principaux caractères suivants :

Un épiderme portant, épars, des poils glanduleux très développés, pluricellulaires, renflés en massue et légèrement pédonculés, couchés sur la tige ;

Les cellules sous-épidermiques, riches en oxalate de chaux ;

Le parenchyme cortical et le parenchyme médullaire, très développés, avec des méats intercellulaires ;

Les faisceaux libéro-ligneux, très nombreux, possèdent des fibres péricycliques très développées, apparaissant de très bonne heure.

2° STRUCTURE SECONDAIRE. — Dans la plante plus âgée, la tige d'abord arrondie devient asymétrique, s'aplatit et se renfle légèrement à la base. Sur une section transversale, le contour, primi-

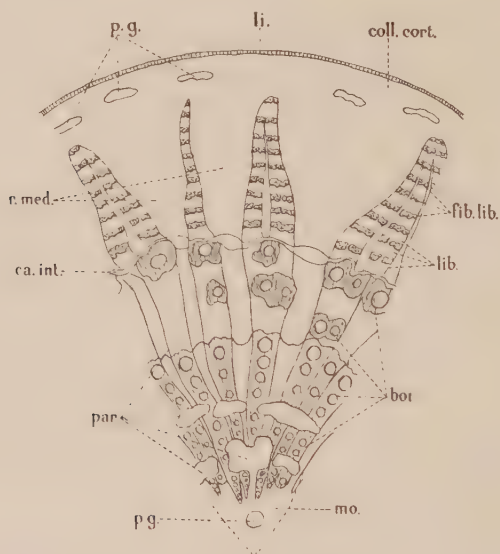


Fig. 14. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige jeune provenant d'un semis : schéma d'une portion de coupe transversale. — boi., bois ; ca. int., cambium interne ; coll. cort., collenchyme cortical ; fib. lib., fibres libériennes ; li., liège ; lib., liber ; mo., moelle ; par., parenchyme ; p. g., poches à gomme ; r. med., rayons médullaires ($\times$. 32).

tivement circulaire, est ovale et, comme dans la racine, la moelle est excentrique et rejetée sur un des côtés.

Dans une jeune tige principale de 5 millimètres de diamètre (fig. 14), on voit apparaître le phelloderme dans l'assise sous-épi-

dermique ou épidermique, lequel ne fonctionne pas dès le début sur toute la surface de la tige, mais en certains points seulement. Le tissu cortical, peu développé comme dans la racine, est de nature collenchymateuse extérieurement, lacuneux, fortement écrasé et à membranes minces intérieurement. L'assise génératrice interne donne naissance, vers l'extérieur, à un certain nombre de cônes libériens, très allongés et très étroits, que séparent de larges rayons médullaires de même forme conique, mais inversement orientés. Comme dans la racine, le liber est fragmenté par des amas de fibres disposées en séries concentriques régulièrement espacées. Enfin, les fibres qui constituent la pointe des cônes libériens, sont péricycliques tandis que les autres sont libériennes. Vers l'intérieur, l'assise génératrice interne donne naissance à des champs de simple parenchyme cellulosique, assez développés, et à des massifs ligneux ; les vaisseaux du bois, moins grands que dans la racine, sont accompagnés de fibres.

La moelle relativement réduite, mais plus développée cependant que dans la racine, est parenchymateuse avec de grandes cellules arrondies, et présente de grandes lacunes qui, comme celles de l'écorce, sont des poches à gomme.

3° STRUCTURE DES RAMEAUX AYANT UN CERTAIN NOMBRE D'ANNÉES (1) :

a) *Rameau jeune*. — Une coupe transversale, effectuée vers l'extrémité d'un rameau mesurant 7 millimètres de diamètre, après la chute des feuilles qu'il portait, possède un contour polygonal, à angles arrondis, et offre la structure suivante (fig. 15) :

Un épiderme, à petites cellules cubiques dont la paroi extérieure et une partie des parois latérales sont épaissies, de manière à former en coupe un épaississement en fer-à-cheval ; quelques-unes de ces cellules sont différenciées et entrent dans la constitution des stomates, dont elles bordent l'ouverture, très étroite et à peu près superficielle, qui conduit dans une chambre sous-stomatique très réduite, entourées elles-mêmes par quatre autres cellules

(1) Les rameaux que j'ai utilisés pour cette étude, avaient été récoltés à Tivaouane (Sénégal).

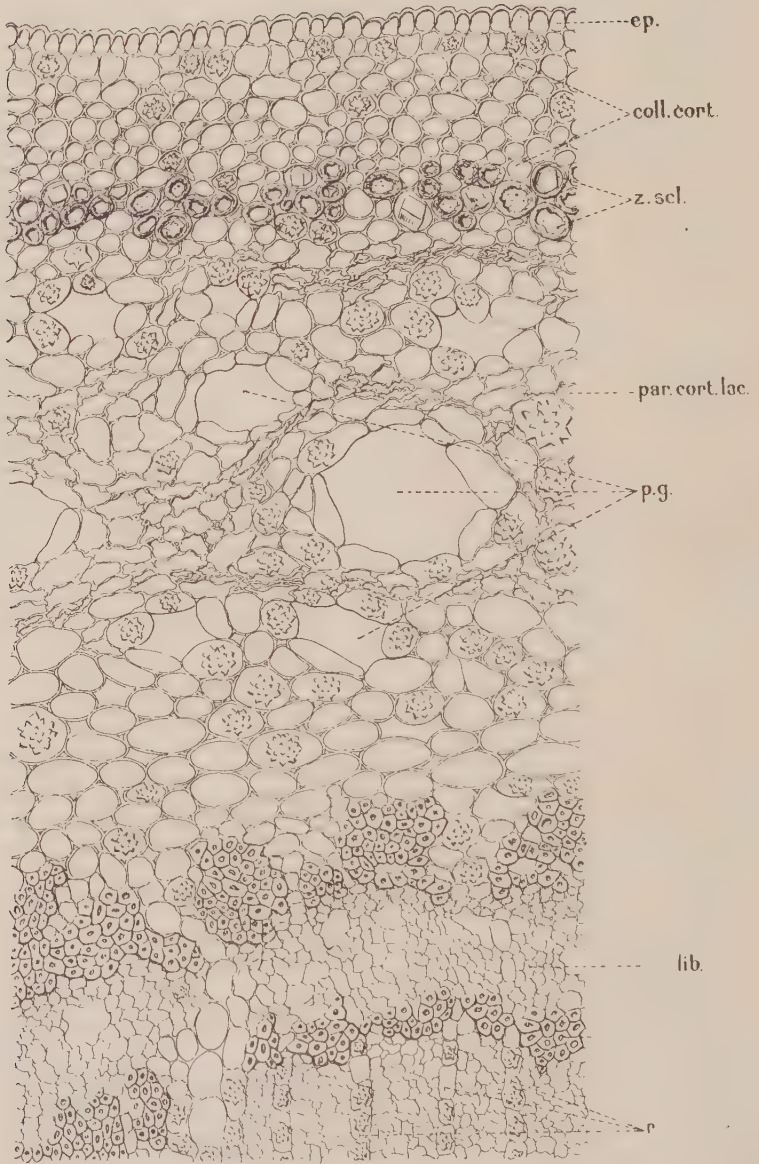


Fig. 15.— *Ceiba pentandra* (L.). Jeune rameau, partie corticale : portion de coupe transversale. — *coll. cort.*, tissu cortical externe, en voie de différenciation collenchymateuse; *ep.*, épiderme; *lib.*, liber avec fibres péricycliques à l'extérieur et fibres libériennes à l'intérieur; *par. cort. lac.*, parenchyme cortical lacuneux; *p. g.*, poches à gomme; *r.* rayons libériens, riches en oxalate de chaux; *z. scl.*, zone scléreuse ($\times$. 200).

épidermiques (fig. 16 A.), le plus souvent aussi développées que les cellules stomatiques. D'autres cellules épidermiques se différencient en poils glanduleux, penchés sur la tige (fig. 16 B.), assez rares, car ils tombent de bonne heure, mais dont on reconnaît facilement la place, lorsqu'on observe l'épiderme de face, à la membrane épaisse et cutinisée qui fixait leur pédoncule sur le rameau.

Comme dans la jeune tige, le tissu cortical présente également deux parties : l'une, extérieure, à cellules arrondies et à membrane épaisse, collenchymateuse ; l'autre, intérieure, lacuneuse, à cellules irrégulières et à membrane mince.

Les lacunes, nombreuses, sont des poches à gomme, qui, arrondies au début, se déforment dans la suite sous la poussée libérienne ; leur diamètre très inégal peut atteindre jusqu'à 140μ ; elles sont isolées, ou bien réunies par groupes de deux ou de trois, séparées par de minces cloisons, mais toujours irrégulièrement distribuées et comprenant entre elles plusieurs couches de cellules écrasées.

Tout autour du liber, l'écorce interne présente plusieurs assises de cellules ovales très régulières. Les deux écorces, interne et externe, sont séparées par une zone continue de cellules scléreuses qui se sont différenciées dans les assises les plus internes du collenchyme.

Le liber est formé de petits vaisseaux et présente quelques lacunes ; il est protégé extérieurement par des amas de fibres péricycliques, tandis que d'autres fibres d'origine libérienne (dont chaque élément dérive de la différenciation d'un seul vaisseau) sont réunies également en paquets tangentiels et radiaires qui fragmentent ce liber. Ces dernières fibres sont petites, de section polygonale, à parois très épaisses et à lumen punctiforme. Enfin, le liber est encore subdivisé par un grand nombre de petits rayons unisériés ou plurisériés, dont les cellules constitutives, rectangulaires, renferment presque toutes une petite macule d'oxalate de chaux.

Le bois est peu développé vers l'extrémité des rameaux. Les vais-

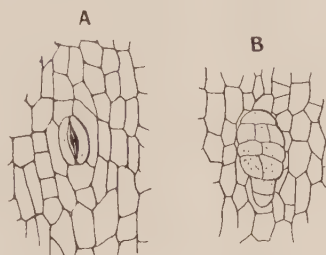


Fig. 16. — *Ceiba pentandra* (L.).
Epiderme de la tige, vu de face :
A, avec un stomate ; B, avec un
poil glanduleux.

seaux forment à l'extérieur de la moelle, des séries rayonnantes, à grands vaisseaux extérieurs, ponctués, et à petits vaisseaux, intérieurs et spiralés. Quelques fibres ligneuses, disposées en files radiaires, se montrent déjà, localisées surtout dans les parties les plus internes du bois.

La moelle présente, au contraire du bois, un très grand développement et son diamètre correspond à peu près à la moitié du diamètre total du rameau. Elle est constituée par des cellules arrondies, dont les unes, les plus nombreuses, ont une membrane épaisse, sclérifiée et ponctuée, tandis que les autres qui occupent surtout le centre ou la périphérie de la moelle, possèdent une membrane cellulosique mince. De nombreuses poches à gomme sont irrégulièrement disséminées dans le tissu médullaire.

b. Rameau âgé. — Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'extrémité du rameau vers sa base, la structure de celui-ci présente quelques variations qui méritent d'être signalées. Ainsi, sur une coupe transversale d'un rameau mesurant 1 centimètre de diamètre, on constate que :

Le phelloderme n'est pas uniformément distribué sur tout le pourtour ; le liège ne recouvre que certaines surfaces et ainsi s'expliquent les saillies longitudinales et les dépressions que présentent les branches à leur surface. De plus, l'écorce collenchymateuse disparaît en partie, remplacée par un tissu dont les éléments montrent une grande activité, et dont les cellules rectangulaires à membrane mince sont disposées en couches tangentielles. Cette activité est accusée par une lignification plus grande de la zone scléreuse sous-jacente, où les sclérites primitivement arrondis, accroissent leurs dimensions en même temps qu'ils prennent une forme rectangulaire qui leur permet, par un contact de plus en plus intime, de former des bandes compactes situées habituellement à la base des triangles formés par l'évasement des rayons médullaires. D'autre part, l'écorce interne, lacuneuse, perd de plus en plus de son épaisseur, faisant place au grand développement du liber. Par cette même poussée libérienne, les poches à gomme sont de plus en plus comprimées contre la zone scléreuse, rejetées même au-delà de cette dernière dans les points où cette zone est interrompue et uniquement représentée par quelques sclérites épars. Les poches à gomme subissent encore la poussée des rayons

médullaires, qui, s'élargissant graduellement vers l'extérieur, rejettent ces poches au sommet des cônes libériens où on les trouve groupées ; elles y sont très nombreuses, allongées tangentiellement et se fusionnent entre elles pour former de plus grandes lacunes, entre lesquelles se trouvent de minces couches de cellules écrasées, à membranes chiffonnées et presque au contact, la cavité cellulaire n'étant conservée le plus souvent apparente que par l'existence d'une grosse macle à son intérieur.

Le liber s'étend extérieurement et acquiert une épaisseur environ deux fois plus grande que celle du tissu cortical. L'extrémité

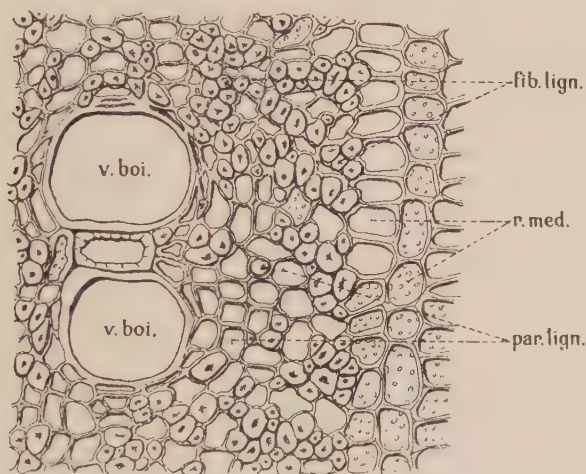


Fig. 17. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : bois, coupe transversale. — *fib. lign.*, fibres ligneuses ; *par. lign.*, parenchyme ligneux ; *r. med.*, rayon médullaire ; *v. boi.*, vaisseaux du bois ($\times$. 200).

des cônes libériens se déjette plus ou moins à droite et à gauche, s'étend latéralement dans les rayons médullaires où l'on rencontre parfois des amas de fibres. La stratification du liber continue, et des bandes fibreuses de plus en plus développées alternent avec autant de bandes molles (1).

(1) D'après A. DUMONT (Recherches sur l'anatomie comparée des Malvacées... *Ann. des Sc. Nat.*, 7^e sér., vol. 6, 1887, p. 169), « le liber secondaire produirait en moyenne quatre bandes fibreuses annuelles bien stratifiées. »

Le bois (fig. 17) représente le tissu ayant acquis le plus grand développement : il s'est agrandi aux dépens de la moelle qui, par suite, est beaucoup plus réduite que dans l'extrémité du rameau. Le bois est formé de grands vaisseaux ponctués, quoique plus petits que ceux de la racine (110 à 130 μ de diamètre), dont la section transversale est arrondie ou ovale, le plus souvent isolés, mais quelquefois réunis deux à deux suivant un plan diamétral, plus rarement encore formant des groupes de trois ou de quatre. Le parenchyme ligneux est très riche en fibres, qui, beaucoup plus nombreuses que dans la racine, ont aussi des parois plus épaisses et un lumen plus réduit ; leur section transversale est arrondie et elles offrent beaucoup de ressemblance, quant à l'aspect, avec les fibres libériennes. Enfin, les rayons médullaires ligneux sont nombreux et plurisériés.

4° STRUCTURE DE L'ÉCORCE DANS LES GROSSES BRANCHES. — L'écorce, qui sur les grosses ramifications a été séparée de son bois, montre à l'extérieur de grandes plaques de tissu mort qui s'exfolient. Dans une coupe, on observe au-dessous d'un liège épais, protecteur, des séries concentriques de cellules rectangulaires, qui, à en juger par leur disposition régulière, résultent de l'activité des rayons médullaires : les unes sont cellulosiques, les autres sont des sclérites ; elles recouvrent sur une certaine longueur les extrémités des cônes libériens. Des sclérites plus développés existent aussi dans les rayons médullaires, où ils sont groupés en amas serrés, de formes diverses.

Les poches à gomme ne sont plus représentées que par des fentes allongées, très étroites, à direction tangentielle, que l'on rencontre surtout entre les cônes libériens.

5° CONTENU CELLULAIRE DE LA TIGE. — Comme dans la racine, on rencontre dans les éléments de la tige, trois produits principaux : du tanin, de l'oxalate de chaux et de l'amidon.

Le tanin, qui se rencontre dans toutes les parties parenchymateuses de la tige, est principalement localisé dans le liège et dans le tissu cortical. Dans la cellule, il peut être associé à de l'amidon. Celui-ci est abondant dans le parenchyme ligneux de la jeune tige principale ; ses grains, d'inégale grosseur, sont arrondis ou

ovales, isolés ou rarement groupés par deux ou trois, avec un hile étoilé ou linéaire, et un seul suffit parfois pour occuper toute la cavité cellulaire.

L'oxalate de chaux se trouve sous deux formes cristallines : la forme rhomboédrique, principalement au voisinage de la zone scléreuse qui sépare les deux écorces, dans les rayons médullaires ligneux et à l'intérieur de la moelle ; la forme en macles radiées, dans le parenchyme sous-épidermique, dans l'écorce lacuneuse et surtout dans les petits rayons libériens qui en sont bourrés.

6° **POCHES A GOMME.** — Dans une coupe transversale faite à l'extrémité des rameaux, on remarque que certaines cellules corticales ou médullaires, augmentent progressivement de volume, tout en conservant leur forme arrondie ; les quatre à sept cellules, et parfois davantage, qui les entourent, se trouvent comprimées, deviennent réniformes et bordent une grande cellule centrale qui est la poche à gomme. Dans la moelle, ces poches conservent leur forme arrondie, mais dans l'écorce, elles subissent l'écrasement général des autres tissus et elles s'aplatissent en s'allongeant tangentielllement. Sur une coupe longitudinale, on constate que plusieurs cellules superposées subissent le développement que la coupe transversale avait montré sur une seule cellule ; celles-ci gélifient les membranes qui les séparent et ainsi se forment de véritables canaux longitudinaux, plus ou moins allongés, se terminant en pointe aux deux extrémités.

En étudiant des rameaux qui m'ont été envoyés du Sénégal, j'ai pu constater dans l'un d'eux, de vastes cavités, dont une ou deux très spacieuses, les autres plus nombreuses et beaucoup plus petites, situées dans les parties internes du bois, mais extérieurement à la moelle. Ces cavités étaient remplies de gomme et ressemblaient beaucoup en apparence à celles que A.-B. FRANK (1) a signalées dans *Gossypium* et *Hibiscus*, et qui seraient produites, selon cet auteur, par deux Nématodes parasites : *Tylenchus* et *Heterodera radicolica*. Ces dernières plantes étant très voisines du genre *Ceiba*, et les cellules bordant les cavités de *Ceiba*, indiquant par leur épaississement en regard de la poche, une sorte de réac-

(1) A.-B. FRANK. — Die Frankheiten der Pflanzen, 3^e Bd, 1896, p. 23.

tion, de défense, il y a lieu de se demander si ces grandes poches à gomme, et même les poches les plus petites des rameaux ne sont pas dues à une action parasitaire du même ordre ?

7° AIGUILLONS. — a) *Formation*. Le mode de formation des aiguillons est sujet à quelques variations. Il est nécessaire de décrire successivement les divers modes que j'ai rencontrés dans les nombreuses coupes effectuées sur de jeunes tiges, et j'essaierai dans la suite de les ramener à une même évolution.

Le plus souvent, on voit apparaître dans le tissu cortical (fig.



Fig. 18. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : formation des aiguillons, coupe transversale. — *a*, tissu écrasé ; *ca.*, cambium ; *ep.*, épiderme ; *scl.*, assises de sclérites ($\times$. 150).

18), et interrompant la zone scléreuse, un cambium d'abord à figure incurvée, qui tend à prendre ensuite une forme de plus en plus arrondie, ou bien une forme en bouteille (fig. 19), dont la partie renflée regarderait le centre de la tige. Ce cambium, qui jouit d'une très grande activité, est plus développé dans sa partie centrale que dans la région périphérique ; il recouvre parfois une ban-

de de sclérites disposés en couches concentriques et en files radiales, disposition permettant de supposer que le cambium leur a donné naissance. En outre, le cambium a englobé une masse de tissu cortical qu'il comprime et écrase à son intérieur, si bien que toute forme cellulaire s'efface ou disparaît même complètement.

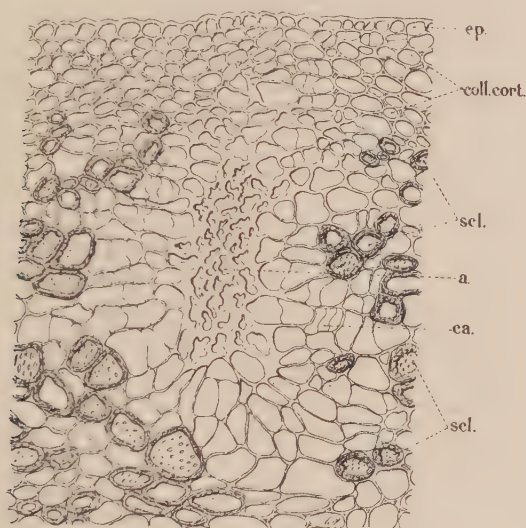


Fig. 19. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : formation des aiguillons, coupe transversale. — a, tissu écrasé; ca, cambium; coll. cort., tissu cortical externe en voie de différenciation collenchymateuse; ep., épiderme; scl., sclérites ($\times 150$).

D'autre part, extérieurement au cambium et du côté qui regarde le centre de la tige, le parenchyme cortical sous-jacent devient très riche en éléments scéreux, plus ou moins denses ou plus ou moins isolés (fig. 18), toujours très ponctués. Cette accumulation de sclérites dans l'écorce semble être la première indication de la formation de l'aiguillon. Lorsque le processus s'accroît, il arrive même que les éléments scléreux les plus voisins du cambium paraissent dériver de ce dernier, tant par leur forme que par leur alignement régulier, tout comme du côté opposé de l'assise génératrice.

Quoi qu'il en soit, à un stade un peu plus avancé, le noyau sclérito-cortico-cambial ainsi constitué dans l'épaisseur de l'écorce, se rapproche graduellement de la surface épidermique qu'il atteint

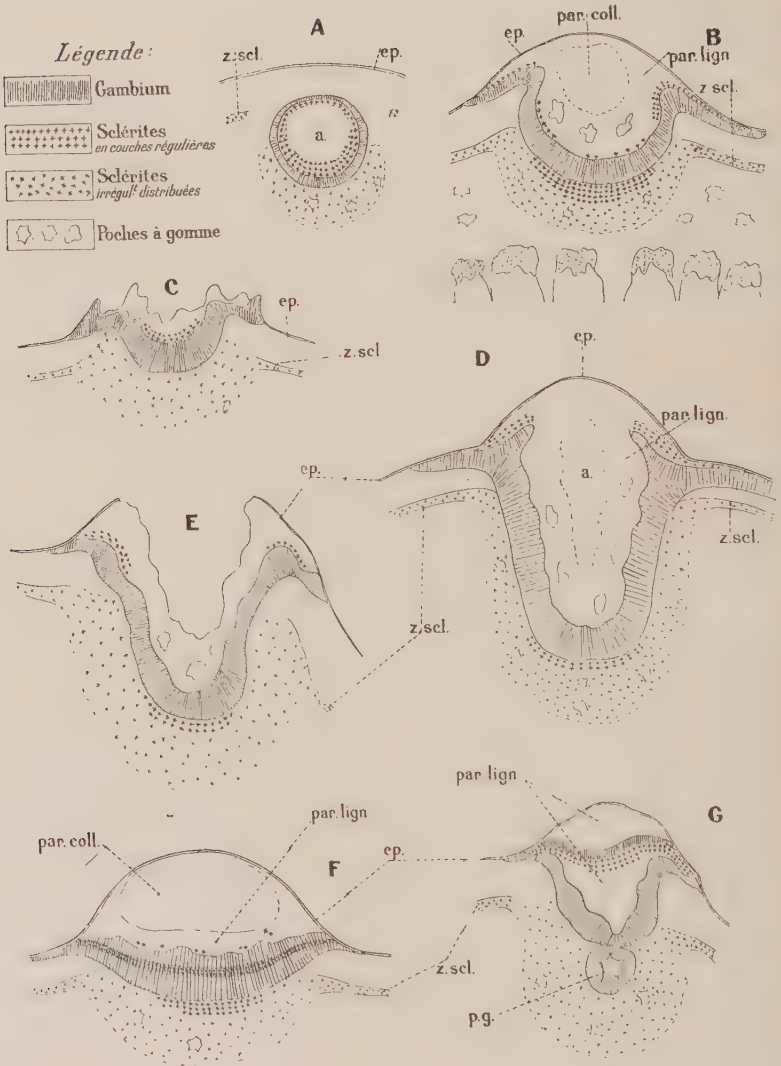


Fig. 20. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : A, B, C, D, E, F, G, divers stades de la formation des aiguillons, schémas de coupes transversales. — *a*, tissu fortement écrasé; *ep.*, épiderme; *par. coll.*, parenchyme collenchymateux écrasé; *par. lign.*, parenchyme lignifié écrasé; *p. g.*, poche à gomme; *z. scl.*, zone scléreuse. Voir aussi légende.

finalement. A ce moment, le cambium s'entrouvre extérieurement et déploie progressivement les bords de l'ouverture, qui s'étalent sur une surface plus ou moins grande, au-dessous de l'épiderme (fig. 20, A, B, D). Mais le cambium continuant ses productions vers le centre du noyau, il en résulte une poussée qui crève l'épiderme et se fait jour à la surface de la tige. Le massif cortical, qui avait été emprisonné dès le début par le cambium, ainsi que les couches internes de sclérites formées par ce dernier, doivent être rejetés à l'extérieur, car on n'en trouve plus traces sur les coupes d'aiguillons à un stade plus avancé (fig. 20, C, E).

C'est à partir de ce stade que la morphologie extérieure de l'aiguillon commence à se manifester. Le cambium, qui s'est fait jour à l'extérieur, perd sa concavité, devient aplati à la surface de la tige où il forme une couche assez régulière. Il semble, dès lors, qu'il perde toute activité sur sa face profonde, tandis qu'il prolifère très abondamment vers l'extérieur pour donner naissance à la saillie qui constituera l'aiguillon définitif dont j'indiquerai plus loin la structure.

La masse cellulaire, emprisonnée par le cambium au moment de la formation du noyau, qui prélude au développement de l'aiguillon, a une structure variable en raison de la diversité des tissus corticaux ainsi entourés. C'est ainsi que dans les schémas B et D (fig. 20), on peut distinguer à l'intérieur du noyau cambial, du collenchyme central et un parenchyme lignifié périphérique, avec des poches à mucilage et des sclérites. Ces différents tissus sont plus ou moins écrasés, à l'exception des sclérites que l'on trouve irrégulièrement disséminés et qui proviennent soit de la portion de la zone scléreuse de l'écorce, englobée par le cambium, soit encore de simples cellules corticales qui auraient subi une lignification tardive, postérieure à leur englobement par le cambium, et peut être alors sont-ils d'origine cambiale ? Plus rarement (fig. 20 F), les sclérites forment une bande continue dans l'épaisseur même du cambium, divisant celui-ci sur toute sa longueur en deux parties, et dans ce cas leur origine cambiale paraît être certaine.

Un seul cambium ne suffit pas toujours pour former l'aiguillon, et on peut voir dans le schéma G. (fig. 20), l'existence de deux cambiums contribuant tous les deux à la production de l'aiguillon. L'un, supérieur, le premier formé, est plat et a fourni au-dessous de lui plusieurs assises régulières de sclérites ; l'au-

tre, plus profondément situé, est concave. Tous les deux ont pris à l'écorce une partie de son tissu collenchymateux (que l'on reconnaît à l'épaississement des membranes et à la forme des cellules) qui s'est lignifié. Parmi les sclérites que l'activité cambiale accumule dans l'écorce, on rencontre souvent une poche à gomme, entourée d'un cambium particulier plus ou moins rattaché au cambium profond ; mais cette poche, comme le tissu collenchymateux emprisonné, se trouve rejetée plus tard à l'extérieur (fig. 20, G.).

Il existe encore d'autres modes de formation des aiguillons. Dans certains cas, ceux-ci n'ont pas une origine aussi profonde et le cambium peut ne pas être le seul facteur de leur formation. Le tissu cortical externe et interne par rapport à la zone scléreuse se cloisonne très activement, tangentiellement en dedans de cette zone, radialement en dehors, et par conséquent, au-dessous de l'épiderme, de manière à soulever celui-ci et à former une légère proéminence à la surface de la tige. Un cambium apparaît alors au niveau de cette proéminence, soit immédiatement au-dessous de la zone scléreuse (fig. 21, H), soit à une petite distance à l'intérieur de cette dernière (fig. 21, I.). Dans ce cas, la partie corticale qui est extérieure à ce cambium n'est pas exfoliée, et grâce à une activité spéciale, elle contribue à la formation de l'aiguillon.

Dans certains cas encore, on rencontre dans les coupes d'aiguillons bien formés, non pas deux zones cambiales à peu près égales d'importance, comme dans le cas signalé plus haut et représenté dans le schéma G (fig. 20), mais deux cambiums d'inégale importance : l'un (fig. 21, J.), peu développé, ne s'étendant que sur une partie de la base de l'aiguillon ; l'autre, situé au-dessous du premier, beaucoup plus développé, qui s'étend plus ou moins obliquement à travers toute la base de l'aiguillon.

Enfin, dans d'autres aiguillons, et à un stade relativement jeune, on constate sur les coupes, à la périphérie de l'épine, divers cambiums superposés, rejetés sur les côtés ou fragmentés dans leur portion centrale par le développement plus actif d'un cambium principal formant la base de l'aiguillon (fig. 21, K).

De ces différentes observations, il résulte que la production des aiguillons sur la tige de *Ceiba pentandra* est toujours accompagnée d'une différenciation cambiale s'effectuant dans l'épaisseur des tissus corticaux et dans une région plus ou moins profonde de ces derniers. Cette différenciation peut être simple et ne don-

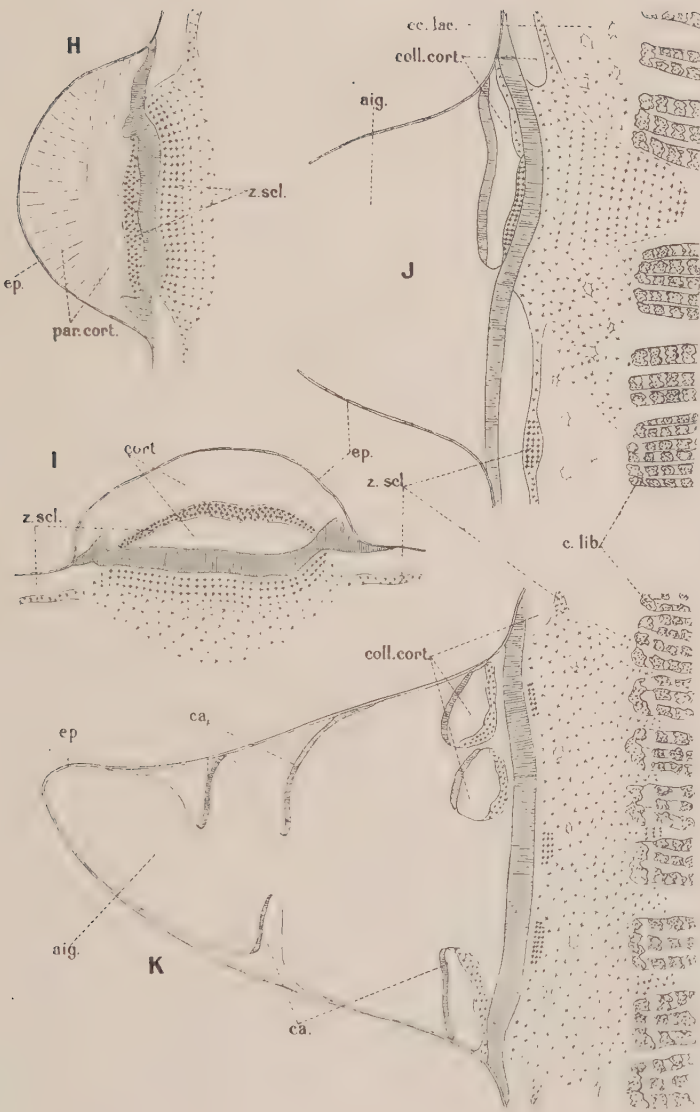


Fig. 21. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige : H, I, J, K, divers stades ou modes de formation des aiguillons, schémas de coupes transversales dans la tige. — *aig.*, aiguillon; *ca.*, cambium; *c. lib.*, cones libériens; *coll. cort.*, collenchyme cortical; *cort.*, parenchyme cortical (*par. cort.*); *ec. lac.*, écorce lacuneuse; *ep.*, épiderme; *z. scl.*, zone scléreuse. Voir aussi la légende de la figure 20.

ner qu'une formation cambiale dont l'activité peut s'ajouter à celle des tissus corticaux sus-jacents pour produire l'aiguillon. La différenciation peut être multiple et fournir plusieurs formations cambiales successives, apparaissant dans l'épaisseur corticale suivant un ordre centripète, et, par suite, superposées, dont les activités se surajoutent successivement à celle des éléments corticaux (exception faite pour les sclérites) que ces formations séparent du reste de l'écorce, et concourent toutes à la production de l'aiguillon. Les tissus corticaux isolés par les formations cambiales paraissent être, en effet, des parenchymses vrais, conservant pendant quelque temps encore leur vitalité, et il en est de même pour les formations cambiales, au fur et à mesure de la poussée qu'elles reçoivent des formations plus récentes.

b) *Structure de l'aiguillon.* — Sur les coupes effectuées suivant un plan perpendiculaire à l'axe de la tige qui les porte, les aiguillons se présentent avec une forme triangulaire dont la base correspond à la zone cambiale qui les relie à la tige. Sur une telle coupe, on distingue trois sortes de tissus (fig. 22 et 23) :

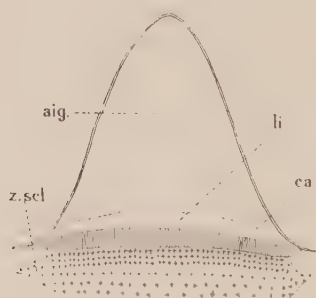


Fig. 22.— *Ceibapentandra* (L.). Tige : Schéma d'une coupe sagittale d'un aiguillon. — *aig.*, aiguillon ; *ca*, cambium ; *li*, bande de cellules à allongement rapide ; *z. scl.*, zone scléreuse.

1° Le cambium, basal (*ca*), facilement reconnaissable à ses membranes minces et naérées ; il est plus épais et plus actif vers le centre et donne naissance vers l'intérieur de la tige à des files radiales de sclérites, qui, dans les grosses ramifications viennent s'ajouter aux sclérites irrégulièrement disséminés dans le tissu cortical.

2° Un tissu (*li*), à aspect liègeux, intermédiaire, formé par les cellules résultant de l'activité du cambium vers l'extérieur et constituant une bande couleur foncée, à peu près de même épaisseur que ce

dernier. Ces cellules possèdent des cloisons latérales fortement plissées, ce qui indique qu'elles s'allongent avec une grande rapidité.

3° Le tissu constitutif de l'aiguillon proprement dit (*aig*), formé

par le développement définitif des éléments de l'assise précédente, qui tout en conservant leur largeur primitive, déplissent leurs membranes latérales et acquièrent une grande longueur : ce sont elles qui forment la plus grande partie de l'aiguillon.

Le cambium étant plus actif vers le centre qu'à la périphérie, et les cellules issues de la zone intermédiaire s'allongeant plus grandement dans la région centrale que vers la périphérie, on s'explique aisément la forme conique qui est caractéristique de l'aiguillon.

Lorsque l'aiguillon a atteint son développement complet, en dehors de la couche cambiale basale et de la couche intermédiaire, il est constitué par des cellules à contour quelque peu irrégulier, mais sub-rectangulaire (sur les coupes sagittales), très allongées dans le sens de la hauteur de l'aiguillon, et à membrane très épaissie, lignifiée et ponctuée. Sur les coupes transversales (perpendiculaires à l'axe de l'aiguillon (fig. 24), ces cellules offrent des sections arrondies, de diamètre variable, mais toujours petites, avec une double membrane et des

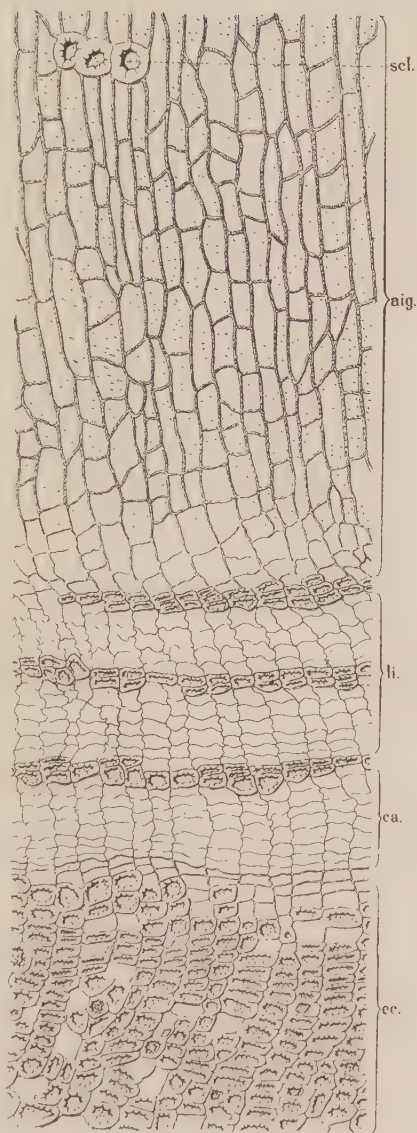


Fig. 23. — *Ceiba pentandra* (L.). Tige, aiguillon : portion de coupe transversale dans la tige, passant par un aiguillon. — *aig.*, aiguillon; *ca.*, cambium; *ec.*, écorce; *li.*, bande de cellules à allongement rapide, comprenant plusieurs couches de sclérites; *scl.*, sclérites ($\times 180$).

méats intercellulaires très réduits. Ça et là, on rencontre quelques gros sclérites, soit isolés, soit réunis en groupes plus ou moins importants, irrégulièrement distribués ou bien en couches parallèles. Dans ce dernier cas, les sclérites n'ont pu se différen-

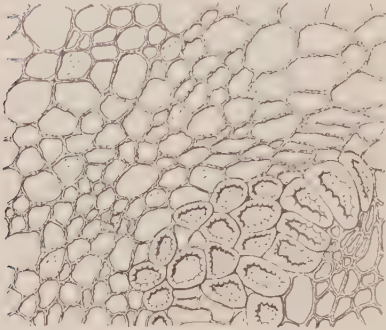


Fig. 24. — *Ceiba pentandra* (L.). Aiguillon : portion de coupe transversale (menée perpendiculairement à l'axe de l'aiguillon) ($\times$. 150).

cier qu'au sein du cambium lui-même, ou bien ils appartiennent à la zone scléreuse de l'écorce que les cambiums successifs ont pu séparer de cette dernière. Enfin, on observe quelques rares macles d'oxalate de chaux, qui, dans les cellules scléreuses, se présente sous la forme rhomboédrique.

Si la forme extérieure et l'origine primitive des aiguillons sont susceptibles de quelques variations, il n'en est pas de même pour leur

structure, qui est à peu près uniforme. Les aiguillons des tiges provenant de l'Indo-Chine ont des tissus moins durs que ceux du Sénégal : les cellules y sont plus allongées en même temps que plus étroites et les sections transversales sont plus régulièrement polygonales ; les membranes cellulaires y sont aussi plus minces et les sclérites font défaut. De même dans les aiguillons asiatiques, j'ai constaté, dans quelques cas, que le cambium basal ne fonctionnait pas d'une façon toujours régulière : il peut s'enfoncer assez profondément dans l'écorce, y former un coude qui atteint l'extrémité d'un cône libérien qu'il embrasse, et cette extrémité se trouve rejetée plus haut vers l'extérieur, sous forme d'amas de fibres que l'on rencontre dans la partie basale de l'aiguillon, immédiatement au-dessus de la zone cambiale.

e) *Chute des aiguillons*. — Ainsi que je l'ai déjà dit (page 11), les aiguillons tombent lorsque la partie de l'arbre qui les porte a atteint un certain âge. Cette chute peut être (1) attribuée à l'exis-

(1) Je ne saurais être affirmatif au sujet des causes qui déterminent la chute des piquants, car il ne m'a pas été possible, malgré de nombreuses

tence d'une, deux ou trois bandes continues et parallèles de sclérites qui, provenant de la différenciation de cellules de la zone cambiale basale et de la zone intermédiaire, constituent des assises occupant toute la base du piquant (fig. 22). Celui-ci, isolé ainsi de la tige, perd sa vitalité et constitue un corps mort qui, sous l'influence du moindre effet mécanique, se sépare de l'écorce et tombe. La séparation a toujours lieu au niveau des assises les plus profondes de la zone cambiale, lesquelles représentent le tissu le plus délicat et par conséquent le plus apte à se détruire.

C. — Feuille

1° PASSAGE DE LA TIGE DANS LE PÉTIOLE (fig. 25). — Le pétiole emprunte à la tige trois arcs libéro-ligneux : l'un, médian et inférieur, les deux autres, latéraux et supérieurs. Chacun de ces deux derniers se subdivise en deux parties inégales, et les parties les plus petites, supérieures, vont à la rencontre l'une de l'autre pour former finalement un quatrième arc qui est supérieur. Les quatre arcs se rapprochent par leurs faces latérales et constituent finalement le cylindre central du pétiole.

2° PÉTIOLE (fig. 25, D). — Sur une coupe transversale, le pétiole présente un contour carré à angles arrondis et à côtés légèrement concaves.

L'épiderme porte des poils glanduleux isolés, mais régulièrement disséminés, d'autant plus nombreux et plus faciles à rencontrer que la feuille est plus jeune. Analogues à ceux que porte l'épiderme de la tige, ils s'insèrent au fond d'une légère dépression de l'épiderme par un court pédoncule portant une tête massive dont la forme est arrondie, et le poil est alors dressé, ou bien allongée, et le poil est alors couché sur la surface pétiolaire. Vers l'extrémité supérieure et élargie du pétiole, les poils, protégés par des dépressions plus profondes de l'épiderme, y sont plus longs, et, dans leur partie la plus large, ils ne présentent que deux rangées de cellules.

demandes, d'obtenir des matériaux appropriés à de telles recherches : des piquants tombés naturellement de la tige, en même temps que les parties de l'écorce qui portait ces piquants.

Dans quelques pétioles, j'ai observé une distribution particulière des poils : ceux-ci se trouvent rassemblés sur une surface plus ou moins grande et, fait intéressant, l'épiderme qui les porte

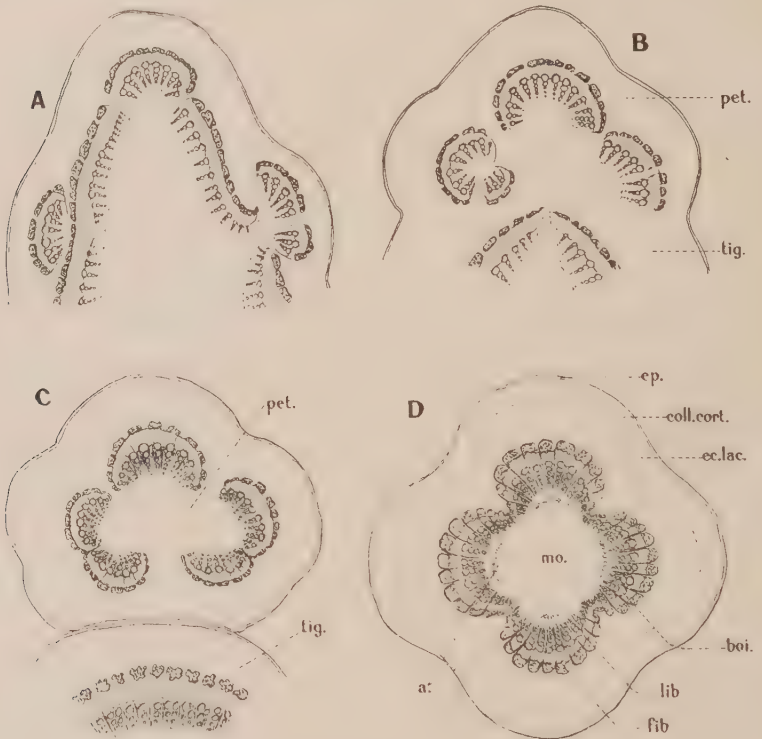


Fig. 25. — *Ceiba pentandra* (L.). A, B, C, passage des faisceaux de la tige dans le pétiole : coupes transversales, schémas. — *pet.*, pétiole ; *tig.*, tige.

D. Coupe transversale du pétiole, schéma. — *a.*, amas de fibres ; *boi.*, bois ; *coll. cort.*, collenchyme cortical ; *ec. lac.*, écorce lacuneuse ; *ep.*, épiderme ; *fib.*, fibres péri-cycliques ; *lib.*, liber ; *mo.*, moelle.

n'en présente pas d'isolés sur la même coupe ; on dirait que les divers poils habituellement disséminés se sont groupés en certains points. Ce groupement se fait sur la face inférieure du pétiole, au fond de deux ou trois dépressions assez accentuées de l'épiderme (fig. 26). La forme de ces poils est régulière et ils présentent tous une tête arrondie, unicellulaire ou divisée par des cloisons radiales, portée par un pédoncule toujours court et formé d'1 à 3 cellules unisériées.

Comme dans la tige, l'écorce pétiolaire (fig. 27) est différenciée en une écorce externe, collenchymateuse, à parois cellulaires épaisses et inégales, et une écorce interne, riche en poches à gomme, à

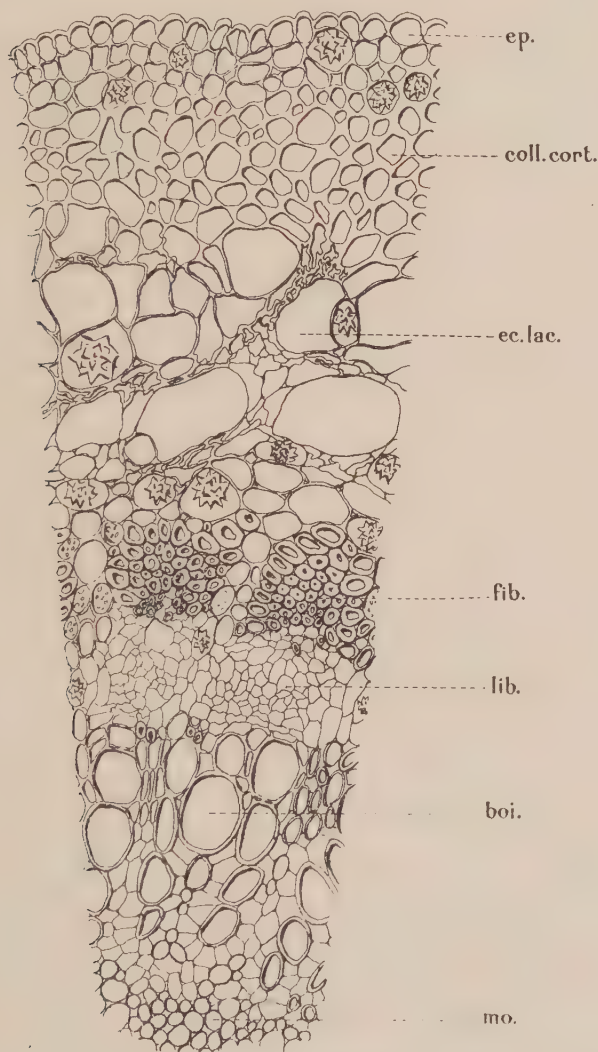


Fig. 26. — *Ceiba pentandra* (L.). Pétiole : portion de coupe transversale. — *boi*, bois ; *coll. cort.*, collenchyme cortical ; *ec. lac.*, écorce lacuneuse avec poches à gomme ; *ep.*, épiderme ; *fib.*, fibres péricycliques ; *lib.*, liber ; *mo.*, moelle ($\times$. 200).

cellules très irrégulières de forme, écrasées et à membrane très mince. La région sous-épidermique et l'écorce interne sont très riches en cristaux étoilés d'oxalate de chaux. Tardivement, quelques sclérites se différencient tout autour des lacunes.

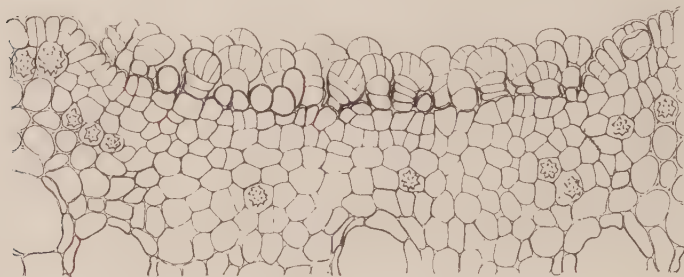


Fig. 27. — *Ceiba pentandra* (L.). Pétiole jeune : portion de coupe transversale, avec un amas de poils glanduleux ($\times$. 150).

Le cylindre central, ainsi que je l'ai déjà indiqué, est formé par la réunion de quatre arcs libéro-ligneux. Le liber, parfois lacuneux, est protégé extérieurement par des amas très développés de fibres péri-cycliques. Le bois présente de gros vaisseaux rangés en files radiales et des fibres réunies en paquets qui, au moment de la chute des feuilles, se trouvent surtout développées à l'extérieur du bois, contre le liber. Les rayons médullaires libériens, renfermant de nombreux cristaux d'oxalate de chaux, deviennent scléreux avec l'âge, de telle sorte que le liber se trouve fragmenté en un certain nombre de petites masses dont la couleur blanchâtre tranche sur la coloration foncée que présente la zone circulaire de fibres et de cellules scléreuses qui l'entourent complètement.

La moelle, assez développée, est formée de cellules arrondies, lignifiées et ponctuées, avec des amas de fibres localisés à l'intérieur de chaque arc libéro-ligneux ; elle renferme aussi quelques poches à gomme, peu nombreuses et irrégulièrement distribuées.

3° PASSAGE DU PÉTIOLE DANS LES FOLIOLES (fig. 28). — Avant de pénétrer dans les folioles, les faisceaux libéro-ligneux du pétiole subissent dans leur marche quelques modifications qu'il est intéressant de suivre. Aux deux tiers environ de la longueur du pé-

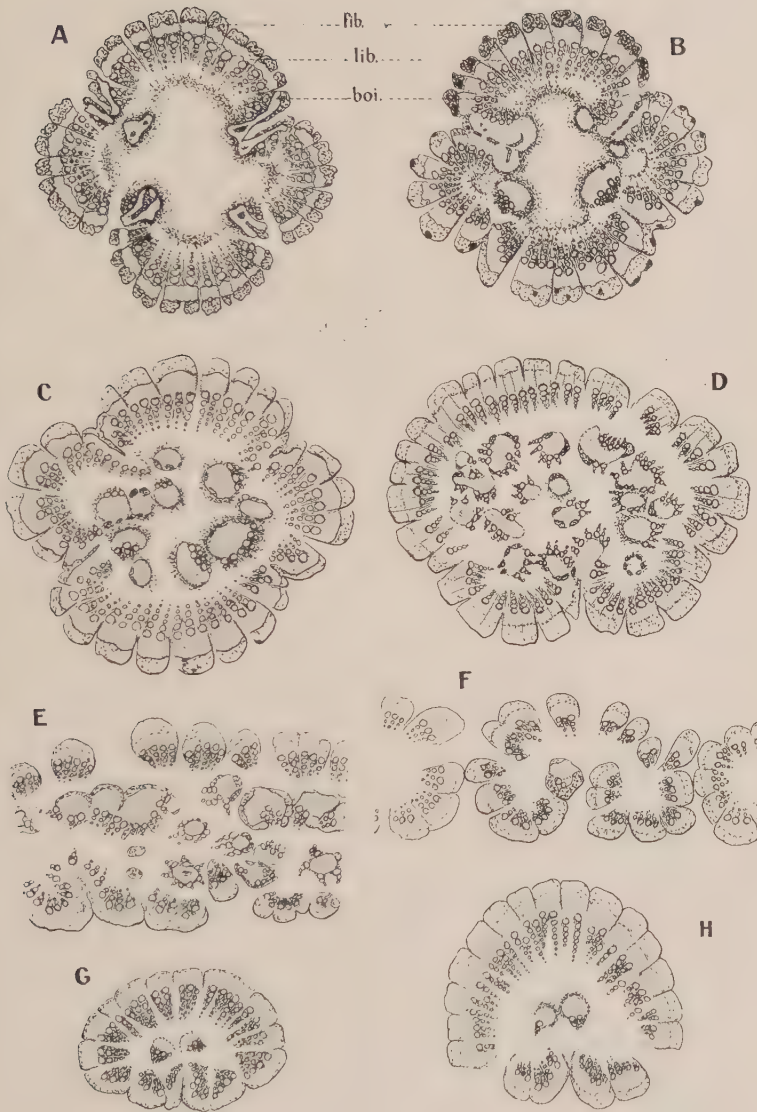


Fig. 28. — *Ceiba pentandra* (L.). Passage des faisceaux du pétiole dans les folioles : coupes transversales, schémas.

A, B, C, D, E, Modifications subies par les faisceaux dans le pétiole ;

F, *id.* à l'extrémité distale du pétiole ;

G, H, *id.* dans le pétiolule.

(Le cylindre central est seul représenté).

boi., bois ; fib., fibres péricycliques ; lib., liber ($\times$. 32)

tiolo, vers son extrémité foliolaire, des coupes transversales en série montrent qu'aux points de contact des quatre arcs libéro-

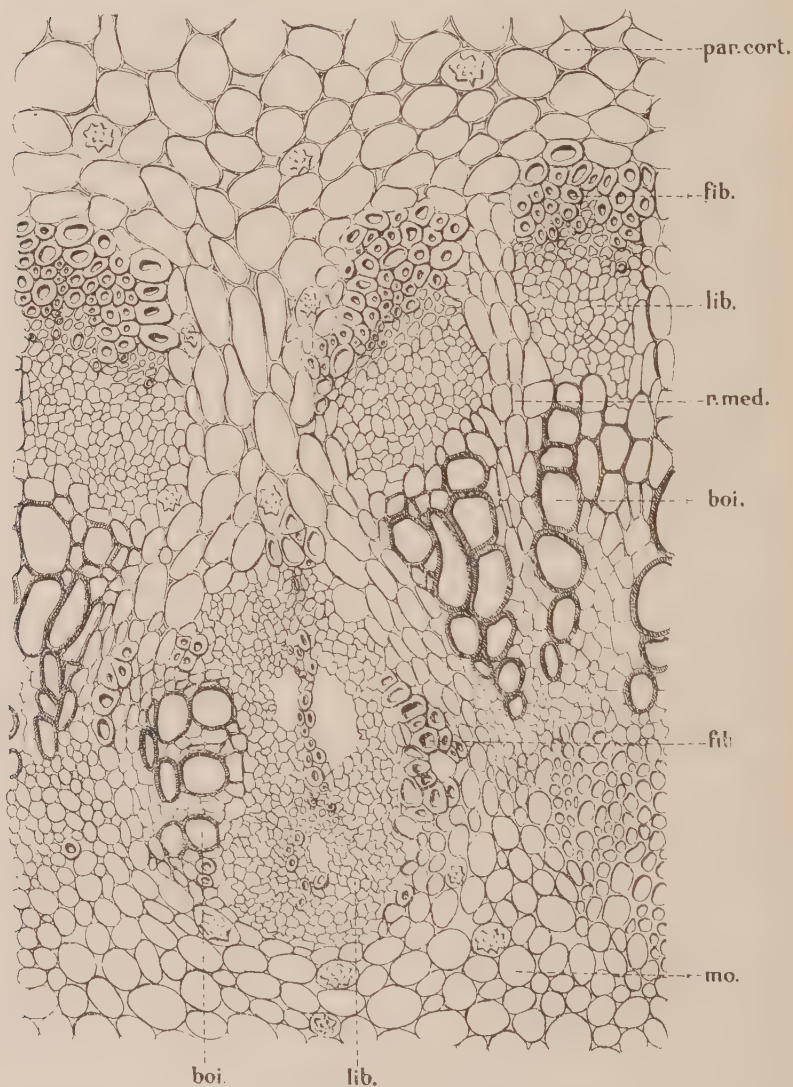


Fig. 29. — *Ceiba pentandra* (L.). — Pétiole : portion de coupe transversale, montrant le passage des faisceaux du pétiole dans le foliole (le liber s'enfonce dans la moelle, entraînant avec lui des faisceaux ligneux et des amas de fibres). boi., bois; fib., fibres péri-cycliques; lib., liber; mo., moelle; par. cort., parenchyme cortical; r. med., rayon médullaire ($\times$. 200).

ligneux, le liber s'enfonce dans la moelle (fig. 29), entraînant avec lui les amas de fibres qui le recouvrent et les rayons ligneux qui lui sont sous-jacents. Dans ce déplacement du liber dans la moelle, déplacement qui s'effectue de la même manière en quatre points à la fois, les faisceaux de bois ainsi entraînés accomplissent un mouvement de rotation ; ils prennent une direction opposée à leur direction primitive, tout en restant accolés à la masse libérienne qui les a entraînés. Après s'être suffisamment enfoncées, les masses de liber et de bois se subdivisent et leurs parties isolées forment dans le tissu médullaire des faisceaux libéro-ligneux indépendants, de grosseur inégale, et très irrégulièrement distribués.

A cette transformation du cylindre central correspond une modification qui survient dans la nature chimique de la membrane des fibres qui entourent le liber : la lignine disparaît graduellement et la fibre, tout en conservant son épaisseur, devient entièrement cellulosique.

D'autre part, le pétiole, qui s'élargit distalement pour se terminer en une sorte de petit plateau, présente quelques légers changements dans sa structure. La surface devient très plissée et son épiderme se montre richement pourvu de stomates dont les cellules limitantes possèdent une membrane très épaisse. Le tissu cortical n'est plus aussi différencié que dans la région proximale ; il est entièrement lacuneux et est dépourvu de collenchyme : celui-ci a disparu et est remplacé par des cellules allongées radialement. Le cylindre central offre une section transversale de plus en plus réniforme, s'allongeant dans le sens de son plus grand diamètre. Les poches à gomme ont disparu de la moelle, qui, occupée par un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux, n'est plus représentée que par les minces couches de tissu parenchymateux séparant ces derniers.

Parvenus sur les bords du plateau terminal du pétiole, les faisceaux libéro-ligneux médullaires et périnédullaires se groupent entre eux et s'orientent de manière à former une série d'arcs (en même nombre que les folioles) dont les bords ou pointes s'incurvent et se replient vers le centre de l'arc (fig. 28, F.). Chacun de ces arcs formera la nervure médiane d'une foliole.

4° PÉTIOLULE. — Après avoir quitté le pétiole, l'arc libéro-

ligneux prend dans le pétiolule un plus grand développement. Les faisceaux, d'abord quelque peu isolés, se rapprochent de plus en plus et forment un demi-cylindre central continu (fig. 28, G. H.). Quant aux bords qui se replient vers l'intérieur de l'arc libéro-ligneux foliolaire, les faisceaux qui les constituent s'y groupent de manières diverses et y prennent des positions variables avec l'âge de la feuille et la partie de la nervure étudiée.

Quoi qu'il en soit, à son entrée dans la foliole, la nervure médiane présente un arc libéro-ligneux continu, dont les branches, tournées vers la face supérieure, embrassent un tissu médullaire dans lequel sont plongés des faisceaux plus ou moins irrégulièrement disposés dont il importait de faire connaître l'origine.

5° FOLIOLE. — J'étudierai successivement la structure de la nervure médiane et celle du limbe.

a) *Nervure médiane*. — La structure de la nervure médiane n'est autre chose que celle du pétiole qu'elle continue (fig. 30).

L'épiderme, pourvu de stomates et de poils glanduleux sur les deux faces de la nervure, recouvre, sur la face inférieure, un tissu cortical assez épais, qui diminue d'importance au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'extrémité de la foliole, collenchymateux extérieurement et lacuneux dans sa partie profonde. Sur la face supérieure, la nervure forme une légère saillie uniquement constituée par du collenchyme à cellules arrondies et à membrane épaisse, dans lequel on rencontre, sur les coupes transversales, une ou deux poches à gomme occupant la base de la saillie ; enfin, à droite et à gauche, on trouve un tissu palissadique se continuant avec celui du limbe. Dans les feuilles ayant atteint leur développement définitif, on constate que le tissu cortical de la nervure a lignifié ses membranes et qu'il renferme des sclérites.

Le liber, lacuneux, est protégé à son extérieur par des amas de fibres péricycliques, qui après avoir quitté le pétiole ont repris leur lignine ; les rayons médullaires sclérifiés divisent le liber en plusieurs amas blanchâtres. Le bois, formé de grands vaisseaux, ne présente pas de fibres ligneuses. La moelle, lignifiée, est très réduite par suite de la présence dans son intérieur de plusieurs faisceaux diversement orientés. Dans ces derniers, on observe la présence de quelques fibres isolées ou groupées, qui ont



Fig. 30. — *Ceiba pentandra* (L.). Nervure médiane du foliole : coupe transversale. — boi., bois; coll. collenchyme; coll. cort., collenchyme cortical; ec. lac., écorce lacuneuse; ep. inf., épiderme inférieur; ep. sup., épiderme supérieur; fib., fibres péricycliques; lac., lacunes (poches à gomme); lib., liber; st., stomate; t. pal., tissu palissadique ($\times$. 200).

été entraînées dans la moelle, entre deux coulées de liber, et y sont restées emprisonnées.

b) *Limbe*. — L'épiderme supérieur du limbe, dans les coupes transversales (fig. 31), se montre formé de petites cellules rectangulaires et inégales, qui, vues normalement ou de face, se montrent avec un contour irrégulier et avec la membrane externe finement striée (fig. 32 A.). Cet épiderme, qui ne porte ni poils, ni stomates, repose sur un hypoderme formé de grandes cellules à

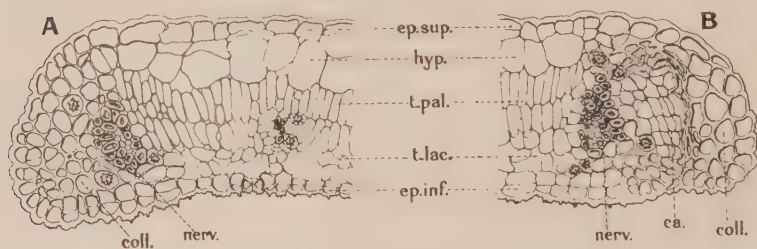


Fig. 31. — *Ceiba pentandra* (L.). Foliole : bords du limbe, coupes transversales (en B, apparition d'un cambium *ca.*, à l'intérieur du collenchyme *coll.* qui se lignifie). — *ca.*, cambium ; *coll.*, collenchyme ; *ep. inf.*, épiderme inférieur ; *ep. sup.*, épiderme supérieur ; *hyp.*, hypoderme ; *nerv.*, nervure ; *t. lac.*, tissu lacuneux ; *t. pal.*, tissu palissadique ($\times$. 150).

membranes minces ; celles-ci, ainsi que l'a indiqué A. DUMONT (1), produisent de la gomme. Ces éléments sous-épidermiques ne sont pas toujours simples et quelques-uns sont divisés par une cloison tangentielle.

L'épiderme inférieur est formé de cellules plus petites que le supérieur, à contours légèrement sinueux, à membrane externe très fortement cutinisée et présentant des reliefs très accentués (fig. 32 B.), souvent divisées par des cloisonnements tangentiels. Il est très riche en stomates, qui sont généralement bordés par trois cellules, deux grandes et une petite ; il porte aussi des poils glanduleux qui sont d'autant plus faciles à rencontrer sur les coupes que la feuille est plus jeune.

Entre les deux épidermes : un tissu palissadique sous-hypoder-

(1) A. DUMONT. — Recherches sur l'anat. compar. des Malvacées..., p. 169.

mique formé d'une seule rangée de cellules palissadiformes qui sont très lâchement unies entre elles, recouvrant elles-mêmes un tissu lacuneux, inférieur, formé de petites cellules arrondies. Ces

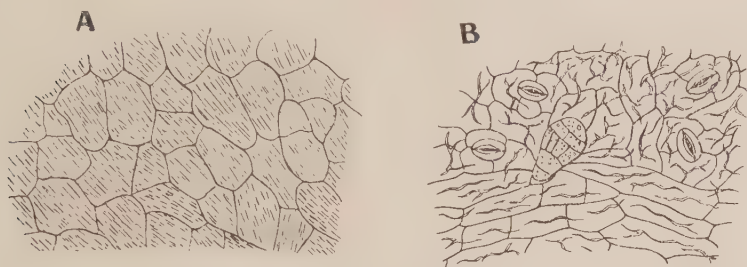


Fig. 32. — *Ceiba pentandra* (L.). Foliole : A, face supérieure du limbe ; B, face inférieure avec stomates et poils glanduleux ($\times 200$).

différents tissus n'atteignent pas le bord du limbe, qui est occupé par un massif collenchymateux et une nervure marginale.

Dans le parenchyme du limbe courent de nombreuses nervures, qui sont protégées par des fibres disposées en un arc plus ou moins fermé ; quelques cellules collenchymateuses relient les nervures principales aux deux épidermes.

Le tissu cortical de la nervure médiane et le parenchyme du limbe sont riches en cristaux étoilés d'oxalate de chaux.

6° FORMATIONS SECONDAIRES DE LA FEUILLE. — a) *Pétiole*. — On trouve dans le tissu cortical du pétiole des cambiums analogues à ceux qui apparaissent dans la tige pour former les aiguillons. Ils y fonctionnent avec la même activité et produisent dans les tissus avoisinants les mêmes modifications que dans la partie corticale de la tige ; c'est ainsi qu'au voisinage de ces cambiums, on trouve dans le pétiole des accumulations de sclérites disposés suivant les divers modes déjà signalés à propos de la formation des aiguillons. Ce fait ne saurait surprendre, car, étant donnée la valeur botanique du pétiole, il y a tout lieu de penser que si la feuille n'avait pas une vie d'aussi courte durée, le pétiole produirait des aiguillons tout comme le jeune rameau.

b) *Nervure médiane de la foliole* (fig. 33). — Les formations secondaires apparaissent sur les parties latérales de la face inférieure de la nervure, ou bien encore à travers la pointe collenchy-

mateuse de la face supérieure. Ces formations, qui se révèlent sur les feuilles sous forme de petites raies brunes le long de la

nervure, opèrent ici comme dans le pétiole ou dans le tissu cortical de la tige.

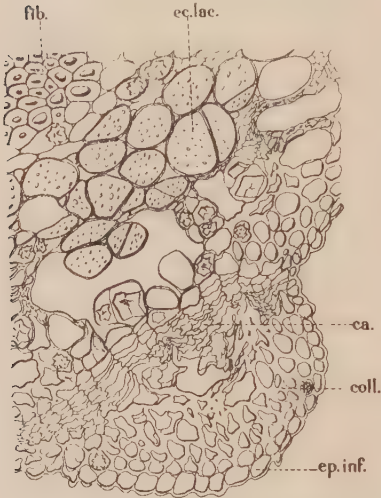


Fig. 33. — *Ceiba pentandra* (L.). Foliole : formations secondaires dans la nervure médiane (face inférieure), coupe transversale. — *ca.*, cambium ; *coll.*, collenchyme ; *ec. lac.*, écorce lacuneuse ; *ep. inf.*, épiderme inférieure ; *fib.*, fibres péricycliques ($\times$. 150).

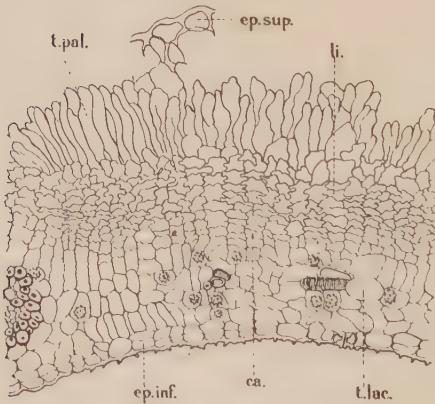


Fig. 34. — *Ceiba pentandra* (L.). Foliole : formations secondaires dans le limbe, coupe transversale. — *ca.*, cambium ; *ep. inf.*, épiderme inférieure ; *ep. sup.*, épiderme supérieure ; *li.*, tissu liégeux ; *t. lac.*, tissu lacuneux ; *t. pal.*, tissu palissadique rejeté ($\times$. 150).

c) *Limbe*. — Le limbe est aussi le siège de productions secondaires que l'on rencontre habituellement le long du bord de la foliole et à l'intérieur du collenchyme, dont il est en grande partie constitué (fig. 31, B) ; ce dernier se lignifie et finit par tomber. Une assise génératrice peut encore se former au sein du parenchyme et rejeter à l'extérieur le tissu palissadique sur une certaine surface (fig. 34). Dans certaines coupes, on voit les cellules issues de l'activité de cette assise se différencier, d'une part, en tissu liégeux, et, d'autre part, en sclérites, tout comme dans la tige. Il peut même arriver que le cambium embrasse tout l'espace intra-épidermique sur une certaine surface, et alors toute l'épaisseur du parenchyme disparaît, se traduisant par une perforation de la foliole.

Ces formations secondaires, qui ont lieu principalement au voisinage de l'épiderme supérieur, ne sont pas

toujours nettement accusées et faciles à observer. Elles sont accompagnées d'une coloration brun foncé en même temps que d'une déformation générale des éléments cellulaires à ce niveau, tout comme si une action mécanique ou une action parasitaire y avaient été exercées et contre lesquelles l'organisation de la partie du végétal atteinte réagirait en multipliant ses éléments intacts, et formant ainsi une sorte de cambium mal défini, chargé de réparer les plaies occasionnées par ces actions extérieures.

D. — Fleur

1° CALICE. — Sur une coupe transversale, l'épiderme supérieur du calice se montre complètement recouvert par des poils de deux sortes (fig. 35) : les uns, unicellulaires, très allongés, à membrane fortement épaissie et cutinisée, se terminant en pointe effilée, tandis que la partie basilaire est quelque peu élargie et ponctuée ; les autres, pluricellulaires et glanduleux, sont également allongés mais plus courts que les précédents, se dressant étroitement serrés les uns contre les autres, et donnant à la coupe un aspect frangé d'un bel effet. Ces poils glanduleux, à contenu jaunâtre, ont à peu près le même diamètre sur toute leur longueur, sauf à une faible distance de leur extrémité distale, arrondie, où ils sont légèrement rétrécis ; ils comprennent environ une vingtaine de couches cellulaires superposées, chacune d'elles étant constituée par une ou deux cellules seulement, à membrane mince et parfois plissée, exception faite pour la cellule basilaire, toujours

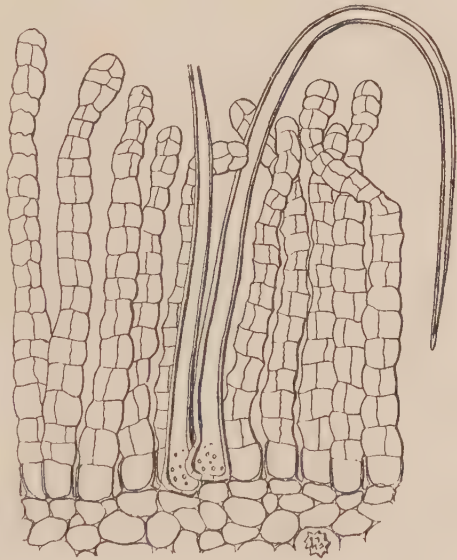


Fig. 35. — *Ceiba pentandra* (L.). Fleur, calice : portion de coupe transversale, face supérieure ($\times 200$).

unique, dont la membrane est épaisse et cutinisée. Tandis que les longs poils unicellulaires occupent seuls les bords libres du calice, les poils glandulaires en occupent seuls la base, et ce n'est que dans la zone intermédiaire que les deux formes se trouvent mêlées.

L'épiderme inférieur ne présente aucune particularité de structure.

Entre les deux épidermes se trouve un parenchyme à grandes cellules renfermant de l'amidon (1) (sous forme de petits grains arrondis), du tannin et de l'oxalate de chaux ; ce parenchyme, qui est parcouru par un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux, présente des poches à gomme.

2° COROLLE. — L'épiderme supérieur de la corolle donne également naissance à deux sortes de poils (fig. 36) : les uns, unicellulaires et allongés, dits *tecteurs*, réunis habituellement à leur



Fig. 36. — *Ceiba pentandra* (L.). Fleur, corolle : portion de coupe transversale, face supérieure ($\times$. 200).

base par petits groupes de deux, ont une membrane épaisse et cutinisée ; ils se fixent sur le pétale par une partie élargie et ponctuée qui s'enfonce légèrement dans le tissu sous-épidermique. Les autres, glanduleux et pluricellulaires, sont renflés en massue et pourvus d'un pédoncule beaucoup plus court que dans les poils du calice.

(1) Sur des fleurs reçues de Hanoï, les cellules de la partie moyenne et supérieure du calice sont absolument bourrées de gros grains d'amidon (10-16 μ de diamètre) à hile très apparent, linéaire ou étoilé. Le tannin est plutôt localisé autour des faisceaux libéro-ligneux.

L'épiderme inférieur, contrairement à celui du calice, présente des poils, mais ceux-ci sont tous unicellulaires, de même forme et de même structure que les poils unicellulaires de l'épiderme supérieur.

Le parenchyme des pétales offre une structure à peu près identique à celui du calice : il est un peu moins développé, plus lacuneux, mais le contenu cellulaire est le même.

E. — Fruit

1° PÉDONCULE. — Le pédoncule, dont la surface est plissée, présente dans une coupe transversale faite vers le milieu de sa longueur (fig. 37, A.) :

À l'extérieur, un épiderme formé de petites cellules dont la membrane externe est très fortement cutinisée, tandis que les membranes latérales sont minces et écrasées.

Un parenchyme sous-épidermique, collenchymateux, avec grand nombre de ses cellules différenciées en sclérites, soit isolés, soit groupés sur des surfaces de grandeur variable. Ces sclérites ont des membranes ponctuées ou rayées, avec des épaississements réduisant la cavité cellulaire à un simple lumen étoilé, très étroit.

Un parenchyme cortical profond dont les éléments cellulaires, à membranes minces, comprennent aussi quelques sclérites et un cercle de poches à gomme allongées tangentiellement, dans leur épaisseur.

Le cylindre central, de forme plus ou moins régulièrement polygonale, d'une épaisseur aussi grande que l'écorce. Le liber, dont les parties externes ont la membrane épaissie, y est caractérisé par le développement et l'irrégularité des amas de fibres, qui tendent à entourer d'une façon plus ou moins complète les îlots libériens qu'ils délimitent. Avec ces fibres, on trouve des cellules scléreuses se formant dans les rayons médullaires. Le bois possède peu de vaisseaux ; il est surtout représenté par des fibres ligneuses groupées en paquets continus, sous forme de larges bandes radiales pouvant occuper tout l'espace compris entre deux rayons médullaires ligneux. Enfin, la moelle, lacuneuse, peut être complètement scléreuse ou ne l'être que dans sa partie périphérique.

Il existe dans le tissu cortical du pédoncule des formations

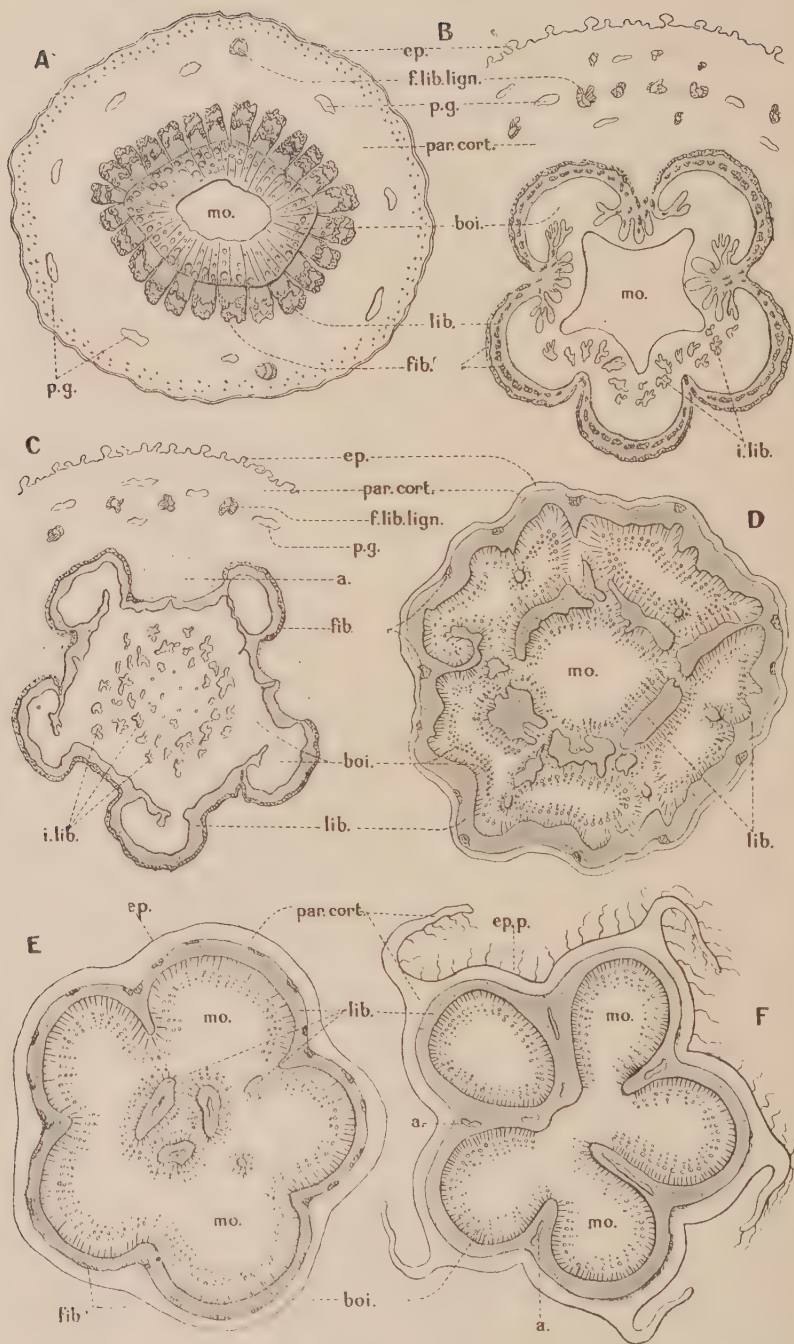


Fig. 37. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit et son pédoncule : coupes transversales, 1/2 schématiques. — [A., pédoncule. — A, B, C, passage des faisceaux du pédoncule dans le fruit. — D, E, F, fruit, partie basilaire du placenta après la chute des valves. — a, vide (en C, vide formé par la séparation de la pointe basilaire de la valve qui s'est détachée); *boi.*, bois; *ep.*, épiderme; *ep. p.*, endocarpe pilifère; *fib.*, fibres; *f. lib. lign.*, faisceaux libéro-ligneux; *i. lib.*, îlots libériens; *lib.*, liber; *mo.*, moelle; *par. cort.*, parenchyme cortical; *p. g.*, poches à gomme.

secondaires comparables à celles de la tige, qui apparaissent de très bonne heure.

2° PASSAGE DU PÉDONCULE DANS LE FRUIT. — De même que le pétiole dans la feuille, le pédoncule s'élargit à son extrémité distale pour y donner insertion aux diverses feuilles florales et, en particulier, aux cinq feuilles carpellaires entrant dans la constitution du fruit. Au niveau de cet élargissement, le pédoncule présente quelques modifications dans sa structure, que l'on ne peut bien suivre qu'à l'aide de coupes sériées, effectuées à différents niveaux dans le voisinage du fruit (fig. 37, B, C.).

Dans ces coupes, le tissu cortical offre extérieurement des saillies arrondies et légèrement étranglées à leur base, qui sont constituées par du parenchyme. Parenchyme cortical et parenchyme médullaire ont une plus grande importance que dans la région proximale du pédoncule, et possèdent un plus grand nombre de poches à gomme. En outre, on constate dans l'écorce l'apparition d'un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux se rendant dans les verticilles floraux externes, tandis que les sclérites se montrent moins nombreux dans la moelle et tendent à disparaître.

Quant au cylindre central, il subit avant de pénétrer dans le fruit les mêmes transformations que celui du pétiole en passant dans les folioles. Il s'agrandit ; puis, en cinq points de sa surface, le liber s'invagine dans la moelle et s'y répand en formant des digitations simples ou ramifiées dont l'ensemble offre un aspect flabellé ; des faisceaux ligneux et des amas de fibres sont entraînés par le liber. La forme polygonale primitive du système libéro-ligneux est remplacée par une rosace à cinq lobes. Graduellement, le liber ainsi invaginé et le bois qui l'accompagne, forment un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux très irréguliers de forme, qui, sur les coupes transversales, offrent une section à bord diversement découpé, et se distribuent sans aucun ordre au sein du tissu médullaire, redevenu entièrement scléreux. Mais, tandis que les fibres protectrices du liber extérieur (par rapport au cylindre central) disparaissent peu à peu, elles prennent au contraire un très grand développement autour des îlots libériens médullaires.

Les cinq lobes de la rosace libéro-ligneuse (fig. 37, C) tendent à s'isoler de plus en plus du cylindre central primitif ; elles se

séparent de ce dernier et forment autant de cylindres libéro-ligneux complets qui, à leur sortie du pédoncule, constituent les cinq nervures médianes des carpelles. Après cette séparation, le cylindre central primitif se reforme de nouveau et à un niveau qui correspond à la base du fruit : le bois primitif forme, sur les coupes transversales, une zone polygonale supportant extérieurement une zone libérienne dans laquelle se trouvent incluses des fibres disposées en petits amas périphériques, et l'ensemble est enveloppé d'une mince couche de parenchyme cortical (fig. 37, D) ; vers l'intérieur, la zone polygonale délimite le tissu médullaire, qui est en très grande partie envahi par des faisceaux libéro-ligneux et des amas de fibres, dont j'ai déjà fait connaître l'origine. Tous ces derniers tissus intra-médullaires s'orientent graduellement, se rapprochent et, finalement, se fusionnent entre eux, respectivement ; avec le concours de la zone polygonale libéro-ligneuse qui les entoure, ils forment des cylindres centraux, plus ou moins complets, de contours irréguliers, et à éléments respectifs plus ou moins compacts dans les points de réunion, où cheminent entre eux des éléments médullaires. L'un de ces cylindres, de forme polygonale, occupe la région centrale et enveloppe en très grande partie la moelle ; les autres, au nombre de cinq, s'adossent aux faces du précédent qu'ils entourent (fig. 37, D).

Cette dernière structure correspond au niveau inférieur du fruit et intéresse la partie basilaire du placenta. A un niveau plus élevé, on constate un cheminement centrifuge et graduel de tous les éléments libéro-ligneux, que l'on peut considérer comme internes par rapport à la zone polygonale libéro-ligneuse périphérique, à laquelle ils viennent se surajouter, tout comme si les cinq cylindres périphériques s'ouvraient longitudinalement, suivant une génératrice qui correspondrait au milieu des faces du cylindre libéro-ligneux central, et se développeraient latéralement en entraînant les éléments de ce dernier qui finit par disparaître (fig. 37, E). Les cylindres libéro-ligneux périphériques s'ouvrent, à ce moment, grandement du côté de la moelle, mais présentent extérieurement un contour arrondi et dessinent déjà une rosace à branches peu saillantes. A un niveau encore un peu plus élevé, mais encore à une très petite distance de la base du fruit, les cinq cylindres libéro-ligneux rapprochent graduellement leurs bords internes, qui finissent par se rejoindre vers la région centrale de la moelle et

présentent alors une section assez régulièrement ovale (fig. 37, F), en même temps que leur relief extérieur s'accuse encore davantage. La mince couche de tissu cortical, qui revêt la partie externe libre

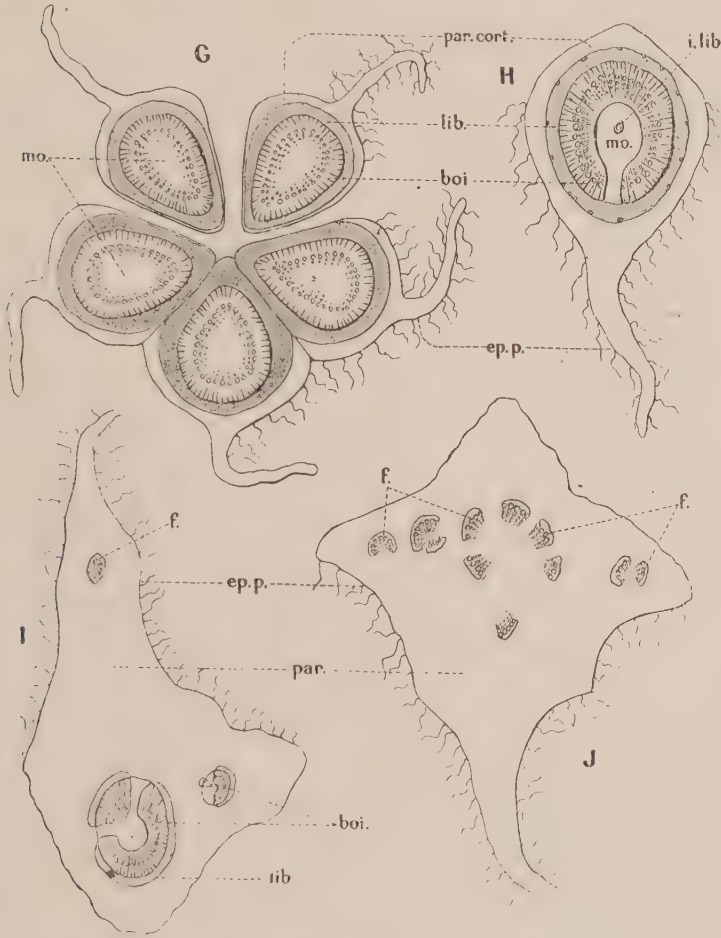


Fig. 38 (suite de la fig. 37). — G., coupe transversale montrant la pénétration du tissu cortical entre les cinq masses placentaires et leur isolement consécutif. — H, I, J, Coupes transversales dans une cloison placentaire à diverses hauteurs *moi.*, bois; *ep. p.*, endocarpe pilifère; *f.*, faisceaux; *i. lib.*, ilôt libérien; *lib.*, libre; *par.*, parenchyme; *par. cort.*, parenchyme cortical.

de ces cylindres, se prolonge au dos de chacun de ces derniers sous forme d'une aile dont l'épiderme est pourvu de poils : c'est

la cloison du fruit. Ce même tissu cortical s'insinue progressivement dans la masse libérienne commune à deux cylindres voisins, subdivise graduellement cette dernière en deux parties et atteint la moelle, qui réunissait les cylindres dans le centre du fruit, entourant dès lors d'une façon complète ces derniers, qui se trouvent ainsi isolés (fig. 38, G).

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la base du fruit, les cinq masses placentaires acquièrent de l'importance pour diminuer encore dans la pointe styloïde. Le parenchyme cortical, qui, dès la base du fruit, s'interpose entre les cinq cylindres centraux du placenta, devient lui aussi plus important à une certaine distance de cette base, et les divers cylindres ligneux s'ouvrent en regard de la cloison (fig. 38, H).

Telle est la marche des faisceaux libéro-ligneux du pédoncule dans les diverses parties du fruit.

Il ressort de cette étude qu'il existe une très grande analogie entre les modifications que présente la structure du pétiole et celle du pédoncule du fruit, au point de vue du passage des faisceaux du pédoncule dans les folioles ou les carpelles. Dans les deux cas, des faisceaux conducteurs se détachent du cylindre central pour s'enfoncer dans la moelle, à l'intérieur de laquelle ils se groupent de manières diverses pour donner les faisceaux définitifs destinés aux folioles ou aux carpelles. De plus, la disparition des fibres protectrices du liber dans le pédoncule et leur perte de lignine dans les folioles, en même temps que l'élargissement distal du pédoncule comme du pétiole, constituent, en dehors des modifications parallèles du cylindre central, autant de caractères qui montrent l'uniformité de la valeur morphologique du pétiole et de celle du pédoncule.

3° PLACENTA. — A propos de la morphologie externe, il a été indiqué (p. 20) qu'à la maturité du fruit, les valves, le coton et les graines sont mis en liberté; abandonnant sur l'arbre le pédoncule couronné par le calice persistant, au centre duquel se dresse le placenta et ses cloisons, placenta qui se divise encore en cinq branches revêtues de coton.

Une de ces branches placentaires présente, dans une coupe transversale effectuée vers le milieu de sa longueur (fig. 38, I, J), une forme quelque peu losangique dont un des angles se prolonge

gerait pour donner la cloison du fruit. Dans l'angle opposé à ce dernier se trouve un cylindre central dont l'origine a été étudiée plus haut, et qui se fragmente en plusieurs petits faisceaux, les uns s'enfonçant profondément dans les tissus et les autres s'éloignant légèrement entre eux tout en formant un cercle plus ou moins régulier.

Le parenchyme (fig. 39), dans lequel sont situés ces faisceaux, est très lacuneux et très lâche ; les cellules, très irrégulières, ont

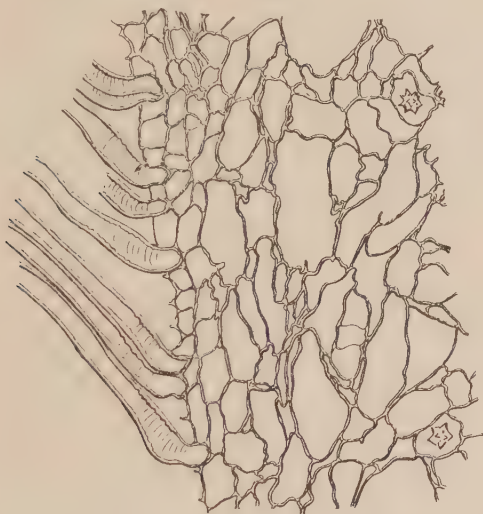


Fig. 39. — *Ceiba pentandra* (L.). Portion de coupe transversale, à travers une cloison du fruit ($\times$. 200).

une membrane plissée et offrent un ensemble à aspect chiffonné, écrasé même en beaucoup d'endroits. Les grandes poches à gomme n'ont pas des contours bien arrêtés, elles sont mal délimitées et semblent constituer des lacunes importantes au sein d'un tissu dissocié, spongieux.

La surface du placenta et de la cloison qui contribuent à former la loge du fruit, c'est-à-dire l'endocarpe, est recouverte de poils plus ou moins allongés, solidement fixés, dont l'étude sera faite plus loin.

4° VALVES OU PAROIS DU FRUIT. — Le fruit, à déhiscence loculicide, s'ouvre le long de la nervure médiane de chacun des carpel

les, en cinq valves à peu près égales qui, très épaisses dans leurs extrémités, mesurent encore dans leur partie moyenne qui est la moins épaisse, de 1 à 3 millimètres. Dans les jeunes fruits, les parois y sont plus régulièrement épaisses et très charnues et réduisent d'autant la cavité des loges, qui est de faibles dimensions.

Sur une coupe transversale de valve (fig. 40, 41), l'épicarpe se montre formé de deux sortes de cellules : les unes, à parois for

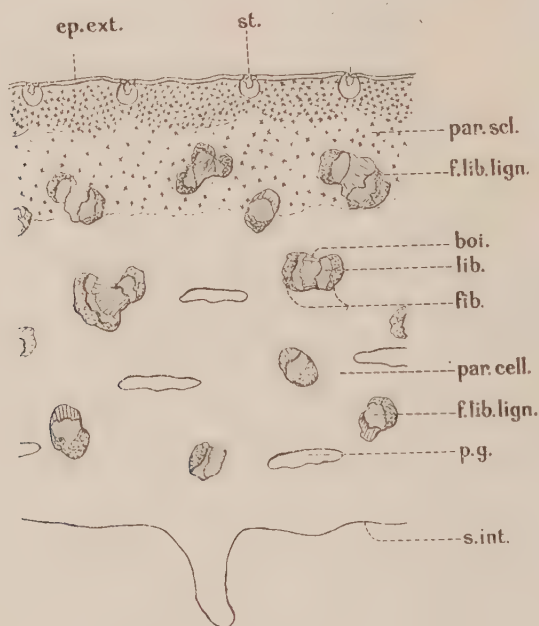


Fig. 40. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit : portion de coupe transversale dans la partie moyenne de la longueur d'une valve. Schéma. — *boi.*, bois; *ep. ext.*, épiderme extérieur (épicarpe); *fib.*, fibres; *f. lib. lign.*, faisceau libéro-ligneux; *lib.*, liber; *par. cell.*, mésocarpe lacuneux; *par. scl.*, parenchyme scléreux; *p. g.*, poche à gomme; *s. int.*, surface interne du fruit, limitée par l'endocarpe (ici absent) qui se transforme en kapok et se détache à la maturité du fruit; *st.*, stomate.

tement épaissies sur toutes leurs faces et à lumen étroit ; les autres, à membrane mince ; elles sont revêtues extérieurement, les unes et les autres, par une cuticule assez épaisse, se détachant facilement. Les cellules à membrane épaissie au moment de leur formation, se différencient nettement comme sclérites à parois

ponctuées et prennent vivement les colorants de la lignine ; plus tard, ces sclérites, qui sont les premiers à apparaître dans le fruit, perdent leurs ponctuations tout en épaississant leur membrane,

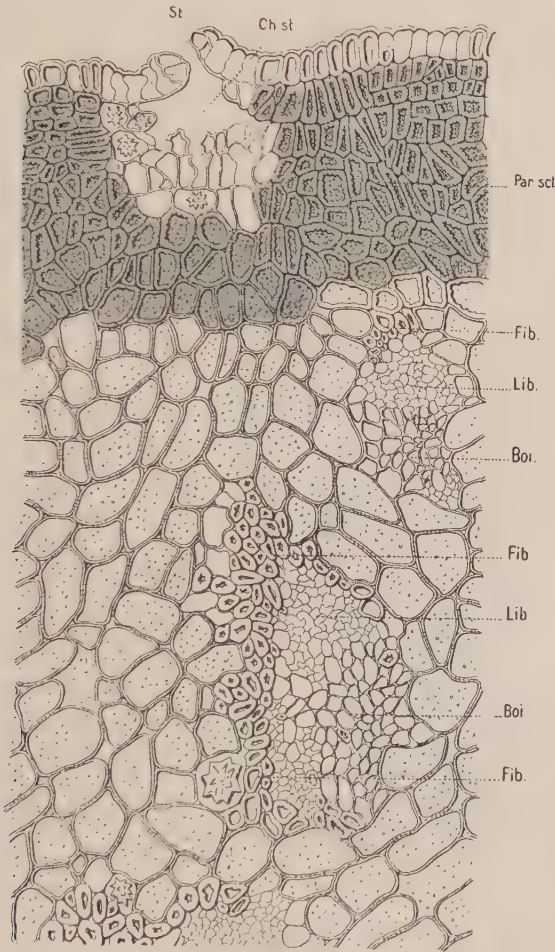


Fig. 41. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit, valve : portion extérieure d'une coupe transversale. — *boi*, bois ; *ch. st.*, chambre sous-stomatique dans une poche de parenchyme ; *fib.*, fibres ; *lib*, liber ; *par. scl.*, parenchyme scléreux ; *st.*, stomate ($\times$. 150).

qui redevient cellulosique. D'autres sclérites se différencient encore par la suite, dans l'assise sous-épidermique, avec la forme

toujours allongée dans le sens radial, pour se modifier à leur tour, et ainsi de suite.

L'épicarpe est interrompu par de nombreux stomates faisant légèrement saillie à sa surface, dans lesquels les cellules stomatiques laissent entre elles un ostiole largement ouvert et conduisant dans une chambre sous-stomatique spacieuse.

Le *mésocarpe* est nettement différencié en une partie externe, scléreuse, et une partie interne, lacuneuse, cellulosique, deux fois plus développée que la précédente. A son tour, le mésocarpe scléreux présente (fig. 41) :

1° Une zone périphérique où les éléments scléreux, petits et irréguliers, sont étroitement serrés, avec une membrane très épaisse et une cavité cellulaire réduite, formant par leur ensemble une

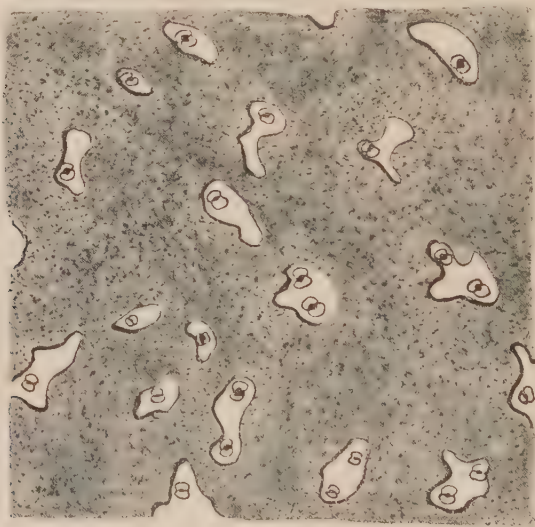


Fig. 42. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit : aspect de la face extérieure du fruit, vue au microscope ($\times$. 65).

enveloppe extrêmement dure à la coque du fruit. Cette zone se trouve interrompue de distance en distance, par des poches de parenchyme, peu grandes, sous-stomatiques, et dont les éléments sont riches en cristaux d'oxalate de chaux. Ces poches (fig. 42) se distinguent très nettement sur les coupes tangentielles faite à la périphérie du fruit et observées par leur face externe : elles se

montrent sous forme de petites surfaces inégales, à contour irrégulièrement découpé, tranchant par leur coloration blanchâtre sur les tissus environnants, dont la couleur foncée est due aux sclérites, et comprenant dans leur contour soit un, soit deux stomates.

2° Une zone profonde, beaucoup plus épaisse que la précédente, renfermant beaucoup de faisceaux libéro-ligneux, dans laquelle les cellules, à membrane beaucoup plus mince et faiblement pon-

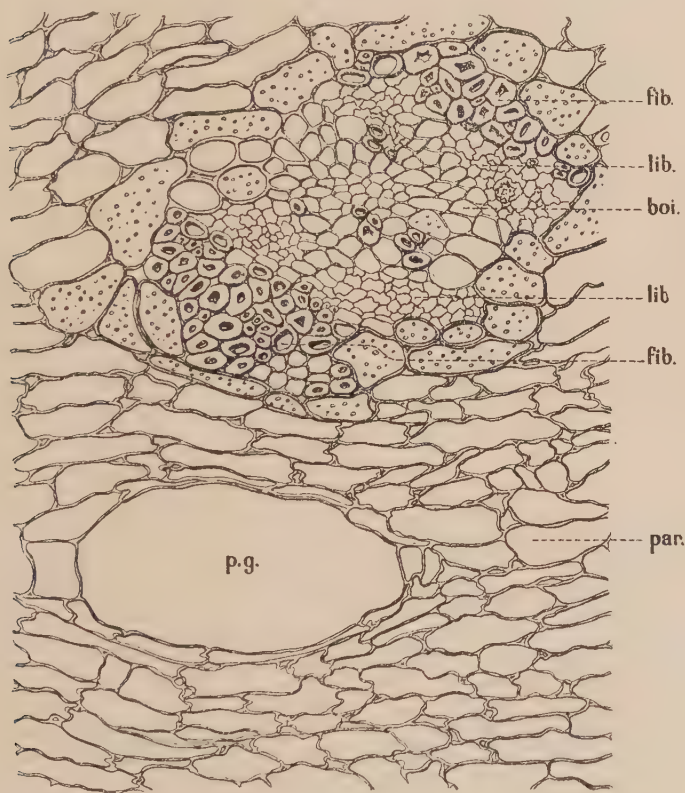


Fig. 43. — *Ceiba pentandra* (t.). Fruit : coupe transversale dans la partie moyenne de la longueur d'une valve. — *boi.*, bois; *fib.*, fibres; *lib.*, liber; *par.*, parenchyme; *p. g.*, poche à gomme ($\times$ 200).

tuée, sont très grandes, irrégulièrement arrondies, et laissent entre elles des méats de grandeur variable.

Quant au mésocarpe lacuneux (fig. 43), il est formé par un parenchyme blanchâtre, très léger, d'une consistance rappelant la

moelle de sureau ; il est comprimé et occupe une faible épaisseur dans le fruit conservé à sec, mais si on le fait macérer dans l'eau, il accroît son volume et occupe les deux tiers de l'épaisseur de la valve. Son tissu paraît être écrasé sous l'influence de la pression que le coton ou kapok, au fur et à mesure de son développement, exerce contre les parois des loges du fruit, auxquelles il imprime ses contours (voir fig. 6, p. 18). Les cellules du mésocarpe lacuneux sont allongées tangentiellement et diminuent de taille au voisinage de l'endocarpe ; les membranes, cellulósiques, sont minces, ondulées et d'aspect nacré (fig. 43). Les poches à gomme y sont très nombreuses, irrégulièrement réparties et le plus souvent isolées ; de forme oblongue et allongées tangentiellement, ces poches mesurent en moyenne 340 μ , suivant leur grand axe et 130 μ dans leur petit axe.

Les faisceaux libéro-ligneux, principalement concentrés dans le mésocarpe scléreux interne, beaucoup moins nombreux dans le mésocarpe lacuneux, offrent une grande irrégularité dans leur forme extérieure : ils peuvent être simples, normalement constitués, ou bien présenter à la surface d'une masse ligneuse centrale une, deux ou trois masses de liber bien isolées (fig. 40). Les fibres protectrices du liber forment à l'extérieur de celui-ci un arc plus ou moins fermé ; elles sont, dans une section transversale, allongées suivant un diamètre et présentent une épaisseur de membrane, un lumen et une forme extérieure variables. Quelques fibres, peu nombreuses et beaucoup plus petites, existent aussi dans le bois. Enfin, les faisceaux libéro-ligneux se montrent quelquefois en contact par n'importe quels points de leur surface, et dans ce cas les masses libéro-ligneuses possèdent une irrégularité beaucoup plus grande.

L'endocarpe n'existe pas dans la valve. Dans le jeune fruit (fig. 44) toutes les cellules de l'épiderme interne se prolongent sous forme de poils, qui, à la maturité, se détachent et constituent avec les poils de même origine des cloisons et du placenta, le kapok.

La formation des poils est tardive et elle ne débute que lorsque les fruits mesurent déjà 4 à 5 centimètres de longueur. Les cellules de l'endocarpe, petites et de forme cubique, commencent par proéminer vers l'intérieur de la loge du fruit, après quoi elles s'élargissent tangentiellement dans une seule direction et sur une

petite surface : elles ont alors la forme d'une I dont une des branches est engagée entre les cellules voisines et dont l'autre s'étale sur ces dernières. Le noyau quitte alors le fond de la cellule, s'allonge et s'insinue dans la proéminence, qui s'est arrêtée dans son développement tangentiel et s'allonge dès lors dans le

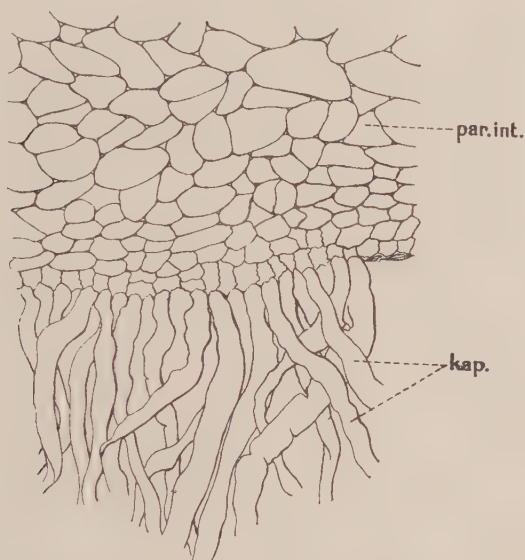


Fig. 44. — *Ceiba pentandra* (L.). Fruit : portion interne d'une coupe transversale dans une valve de fruit jeune, montrant la naissance du kapok (kap.) ; par. int., parenchyme interne ($\times$. 200).

sens de sa première direction, normalement à la surface de l'endocarpe.

Tous les bourgeonnements des cellules de l'endocarpe en vue de la formation des poils, ne s'effectuent pas de la même manière dans tous les cas. Lorsque l'accroissement tangentiel de la proéminence est gêné par les proéminences voisines, la cellule s'allonge simplement, normalement à la surface de l'endocarpe, qui se trouve ainsi porteur de deux sortes de poils : les uns régulièrement cylindriques, les autres à base portant un renflement latéral. Ainsi s'expliquent les deux formes sous lesquelles se présente la base des filaments du kapok dans *Ceiba pentandra*.

Dans la suite, les poils de l'endocarpe doivent s'allonger d'une

façon très active, étroitement distribués les uns contre les autres et montrant une partie basilaire plissée en accordéon.

Vers les extrémités du fruit, ai-je dit, le péricarpe est très épaissi : c'est surtout le parenchyme lacuneux interne qui en forme l'épaisseur. Mais, tandis que dans l'extrémité stylaire, l'épicarpe est principalement formé de cellules à membrane mince, vers l'extrémité pédonculaire, au contraire, les cellules épidermiques ont une membrane très épaisse et se confondent avec le mésocarpe scléreux sous-jacent. Dans la région pédonculaire, en effet, l'épicarpe est formé d'éléments palissadiques, inégalement allongés radialement, dont la membrane très épaissie fixe les colorants de la lignine. Ces sclérites épidermiques, parfois interrompus par quelques rares cellules à membrane cellulosique mince, peuvent s'allonger vers l'extérieur, dépasser légèrement la surface et prendre l'aspect d'une courte fibre à extrémité libre arrondie, s'incurvant et se couchant même à la surface du fruit ; les sclérites épidermiques ainsi constitués paraissent avoir subi une forte compression latérale sous l'influence des plissements longitudinaux qui se forment à la base du fruit.

Dans le mésocarpe lacuneux de l'extrémité pédonculaire, les cellules comme les poches à gomme présentent de plus petites dimensions que par ailleurs. D'autre part, le faisceau libéro-ligneux, issu du pédoncule, dès son arrivée à la base du fruit, s'y subdivise immédiatement en un certain nombre de faisceaux secondaires qui se disposent suivant un cercle.

Structure des parois des fruits de provenances diverses. — Les variations que présente la structure des parois des fruits de provenances diverses, sont d'ordre tout à fait secondaire et n'intéressent que l'épaisseur des valves, le développement plus ou moins grand de la zone scléreuse, ainsi que le nombre et les dimensions des poches à gomme.

Les verrucosités que l'on observe à la surface de certains fruits sont dues à une simple accumulation de sclérites en certains points ; elles forment là une proéminence habituellement couronnée d'une petite formation secondaire d'aspect subéreux, qui se révèle à la surface du fruit sous forme d'un point noir.

5° CONTENU CELLULAIRE. — Le tannin et l'oxalate de chaux se rencontrent dans les tissus parenchymateux du pédoncule et des

diverses parties du fruit proprement dit. Dans les jeunes fruits, le tannin se montre localisé tout autour des faisceaux libéro-ligneux où les cellules tannifères, légèrement plus grandes que les cellules avoisinantes, forment un cercle presque continu entourant les faisceaux.

F. — Graine

Immédiatement après la déhiscence du fruit, les graines de *Ceiba pentandra* sont disséminées par le vent, auquel la masse cotonneuse qui entoure chacune d'elles, fournit une grande surface d'action, en même temps qu'en raison de son élasticité elle contribue à les éloigner, à les séparer du fruit qui les a produites. Sous l'influence de ces mêmes actions, la graine ne tarde pas à être débarrassée de son enveloppe cotonneuse, et elle se pré-



Fig. 45. — *Ceiba pentandra* (L.). Graine. — A. Aspect extérieur de la graine ($\times 2\frac{1}{2}$). — B, C, coupes montrant la disposition des cotylédons: B, coupe transversale; C, coupe sagittale.

sente (fig. 45 A) sous forme d'un corps ovoïde, brun noirâtre, à surface lisse, portant sur un des côtés et vers la base, une proéminence sub-conique de teinte plus claire, aplatie et à surface bosselée : c'est la caroncule, qui porte à son extrémité un hile blanchâtre très net. De dimensions assez régulières, les graines mesurent en moyenne 18 millimètres suivant leur circonférence équatoriale,

avec un grand diamètre (passant par le hile) de 6 à 7 millimètres et un petit diamètre (perpendiculaire au précédent) de 5 à 6 millimètres (1). Observée à l'œil nu, et mieux à la loupe, la coloration du tégument de la graine ne se montre pas uniforme et présente sur un fond presque noir des mouchetures irrégulières moins foncées, d'un rouge brun.

1° TÉGUMENT. — Après macération dans l'eau, le tégument de la graine, qui possède une épaisseur totale de 500 μ environ, se sépare facilement en quatre enveloppes, qui, observées sur les coupes transversales, se présentent avec l'ordre et les caractères suivants, en allant de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 46) :

1° La première enveloppe (fig. 46, A) comprend un épiderme à cellules rectangulaires (*ep.*) allongées tangentiellement, à cloisons latérales minces, mais à membrane externe légèrement culinisée. Quelques-unes de ces cellules sont différenciées en sclérites (*scl.*) dont la membrane est à peu près uniformément épaissie et finement ponctuée par des canalicules ; ces sclérites peuvent être isolés ou groupés en amas plus ou moins importants à la surface de la graine (2).

Vu de face (fig. 47, A), l'épiderme se montre constitué par des éléments polygonaux, irréguliers, à parois incurvées ou quelquefois rectilignes. Il présente en certains points des dépressions légères au fond desquelles se trouve un stomate (*st.*) largement ouvert ; l'ostiole est entouré de deux cellules stomatiques très développées, bordées elles-mêmes par un nombre variable de cellules de forme irrégulière.

Au-dessous de l'épiderme, se trouve un parenchyme lacuneux (fig. 46, *par. lac.*) qui, en certains points, est modifié extérieurement et se montre formé de cellules régulièrement disposées, cons-

(1) EUG. COLLIN et EM. PERROT (Les résidus industriels... p. 190) indiquent pour les graines d'*Eriodendron anfractuosum* (= *Ceiba pentandra*) un diamètre de 2 centimètres et demi à 3 centimètres. Cette mesure constitue une erreur trop grossière pour qu'elle soit imputable aux auteurs: elle est certainement le résultat d'une coquille typographique.

(2) EUG. COLLIN et EM. PERROT (Les résidus industriels...) ne signalent pas dans leur étude histologique de la graine de l'*Eriodendron anfractuosum*, l'existence des sclérites dans l'épiderme. Cette non-observation doit tenir sans doute à l'état de maturité des graines ayant servi à cette étude.

tituant une assise sous-épidermique dont les éléments présentent la même forme que les cellules épidermiques. Ailleurs, l'épiderme repose directement sur le parenchyme lacuneux, dont les cellules,

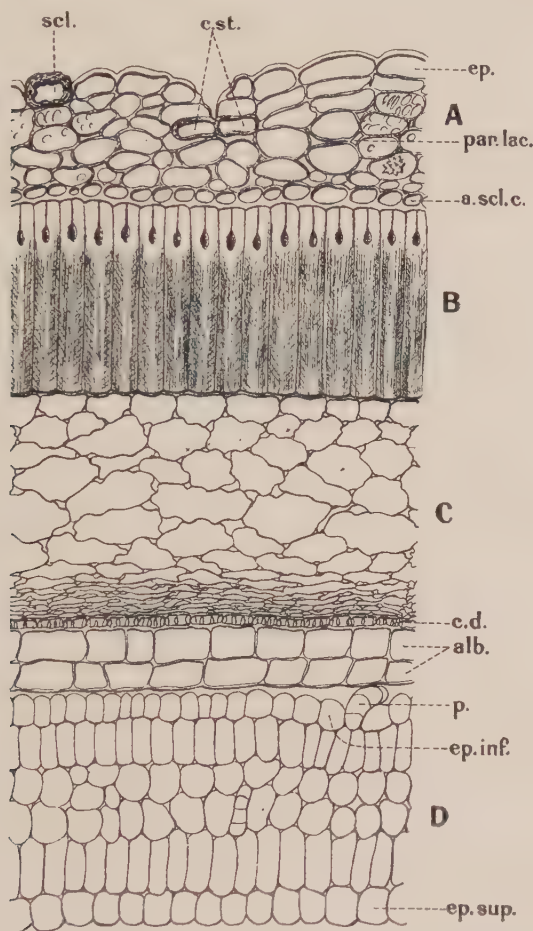


Fig. 46. — *Ceiba pentandra* (L.). Graine : portion de coupe transversale. — A, 1^{re} enveloppe : a. scl. c., assise scléreuse cristalligène ; c. st., cellules stomatiques ; ep., épiderme ; par. lac., parenchyme lacuneux ; scl., sclérite. — B, 2^e enveloppe : assise scléreuse palissadique. — C, 3^e enveloppe. — c. d., 4^e enveloppe : assise de cellules frangées ; alb., albumen. — D, cotylédon : ep. inf., épiderme inférieur ; ep. sup., épiderme supérieur ; p., poil ($\times$ 200).

de grandeur bien inégale, se montrent souvent allongées tangen-
tiellement, mais parfois avec des contours ovales ou arrondis. Ce

parenchyme, dont les membranes sont plus ou moins lignifiées, présente, quand on l'observe de face, deux sortes de tissus : l'un, supérieur, avoisinant l'épiderme, est formé de grandes cellules polygonales (fig. 47, B), à parois pourvues de ponctuations d'au-

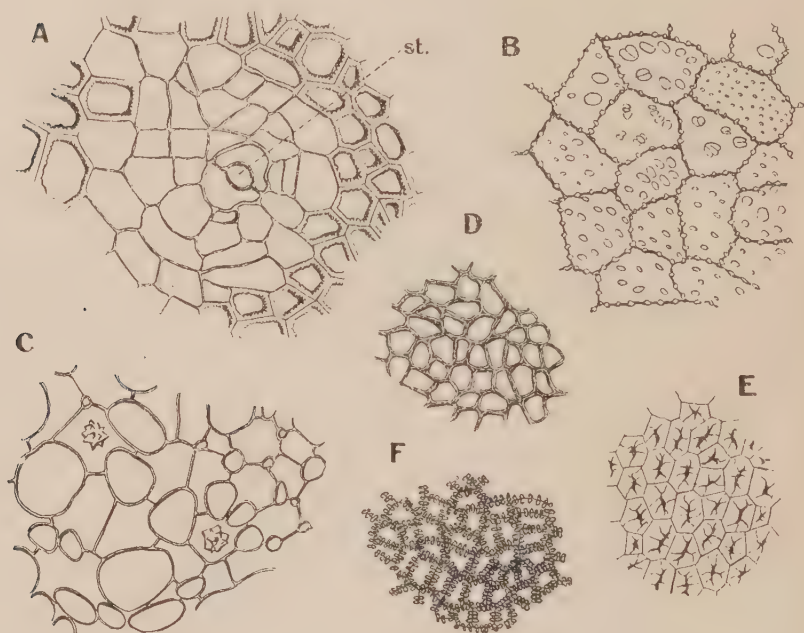


Fig. 47. — *Ceiba pentandra* (L.). Graine : les diverses assises du tégument vues de face. — A, épiderme avec stomate (st.) ; B, C, assises du parenchyme lacuneux (1^{re} enveloppe) ; D, assise scléreuse cristalligène ; E, assise scléreuse palissadique, vue par sa face externe ; F, assise des cellules frangées.

tant plus petites qu'elles sont plus nombreuses ; l'autre, inférieur, constituant les assises profondes de la première enveloppe, est composé de cellules étoilées (fig. 47, C), dont les branches laissent entre elles de grands méats et forment sur les coupes transversales, les petites cellules arrondies signalées plus haut. Ce dernier tissu se montre riche en oxalate de chaux.

Enfin, la première enveloppe de la graine est limitée intérieurement par une assise de petites cellules (fig. 46, *a. scl. c.*), à membrane épaissie et lignifiée, surtout vers l'intérieur, assez régulièrement disposées, et qui, comme l'ont indiqué Eug. COLLIN et Em.

PERROT (1), correspondent à l'assise scléreuse cristalligène des graines de cotonnier (*Gossypium*). Vues de face, ces mêmes cellules (fig. 47, D) se montrent avec un contour polygonal et une double membrane, laissant entre elles de très petits méats.

Dans la caroncule, l'enveloppe externe de la graine s'épaissit, constituée en grande partie par un tissu parenchymateux dans lequel les vaisseaux nourriciers de la graine viennent se terminer; ceux-ci, en effet, se ramifient en tous sens dans le parenchyme caronculaire, mais ils ne le dépassent pas et la graine ne possède pas de nervure se ramifiant dans son tégument.

2° La deuxième enveloppe (fig. 46, B) est d'une épaisseur un peu plus grande que la première et mesure environ 130 μ ; elle est extrêmement dure et constitue l'enveloppe protectrice de la graine. Elle ne comprend qu'une seule assise de cellules scléreuses, allongées dans le sens radial et disposées en palissadé. Les cellules ont fortement épaissi leur membrane, au point que la cavité cellulaire n'est plus représentée que par sa partie supérieure, exactement sur un quart de la hauteur de la cellule, sous forme d'un lumen linéaire qui s'élargit dans sa partie profonde; ces cellules se trouvent ainsi divisées en deux parties: l'une, inférieure, pleine, est fortement lignifiée, l'autre, supérieure et creuse, est cellulósique; l'aspect en est tellement différent qu'on les prendrait pour deux couches cellulaires distinctes.

Sur les coupes transversales, la membrane de ces cellules scléreuses se montre compacte et ne présente qu'une fine striation (fig. 46, B); mais lorsqu'on examine ces cellules palissadiques par leur face supérieure (fig. 47, E), elles offrent des contours polygonaux très réguliers, comprenant dans leur région centrale un lumen sinueux duquel partent des ramifications pénétrant dans la membrane, où elles forment de fins canalicules.

3° La troisième enveloppe de la graine (fig. 46, C) possède une épaisseur de 200 à 250 μ ; elle est constituée par un parenchyme à membranes minces, plissées, avec des méats intercellulaires. Les cellules, au fur et à mesure qu'elles appartiennent à des niveaux

(1) Les épaississements collenchymateux dont les parois de ces cellules seraient munies, d'après EUG. COLLIN et EM. PERROT (Les résidus industriels... p. 190), disparaissent dans la graine plus avancée en maturité, la membrane se lignifie et devient uniformément épaissie.

de plus en plus profonds, présentent un allongement tangentiel de plus en plus grand, et les assises les plus profondes se montrent totalement écrasées. Je n'ai jamais observé d'oxalate de chaux dans ce parenchyme.

4° La quatrième enveloppe (fig. 46, c. d.) n'est formée que par une seule assise de cellules, qui constitue une fine membrane, très délicate. Vues de face (fig. 47, F'), ces cellules ont un contour polygonal et une membrane très mince avec des épaisissements très accentués et très rapprochés les uns des autres, qui donnent à l'ensemble un aspect très particulier ; les épaisissements prennent les colorants de la lignine, tandis que la mince membrane qui les porte est cellulosique.

2° AMANDE. — L'amande, riche en huile et en grains d'aleurone, et protégée par le tégument dont je viens d'indiquer la structure, est limitée extérieurement par un albumen d'épaisseur inégale, suivant les points considérés, et le plus souvent réduit à une ou deux couches de cellules rectangulaires (fig. 46, alb.), mais qui, à l'intérieur de la graine, constitue entre les cotylédons un tissu de remplissage, toujours réduit cependant.

Sur une coupe sagittale et médiane (fig. 45, A), l'amande présente une tigelle assez développée, se repliant sur elle-même, et portant à son extrémité distale deux cotylédons diversement plissés et contournés (voir aussi fig. 45, B).

Le cotylédon a de très bonne heure une structure bifaciale, et les deux épidermes y sont très tôt différenciés (fig. 46, D) : l'épiderme supérieur (*ep. sup.*), à grandes cellules recouvrant une assise nettement palissadique, et l'épiderme inférieur (*ep. inf.*), à cellules beaucoup plus petites recouvrant une assise analogue, mais à éléments plus courts, et entre les deux, un tissu lacuneux formé de deux couches de cellules arrondies. De plus, et contrairement à l'observation de MM. COLLIN et PERROT (1), l'épiderme inférieur

(1) EUG. COLLIN et EM. PERROT (Les résidus industriels... p. 191 et 193) signalent que « l'épiderme des cotylédons d'*Eriodendron anfractuosum* est dépourvu des poils tecteurs (*corpuscules de Milscherlich*) » et indiquent ce caractère comme pouvant aider à distinguer la graine de l'*Eriodendron* de celle des Cotonniers. Il n'en est rien, et l'épiderme inférieur des cotylédons de *Ceiba pentandra* (*Eriodendron anfractuosum*) possède des poils pluricellulaires de même forme que ceux des Cotonniers (*Gossypium*).

présente des poils qui n'existent pas à l'épiderme supérieur, tout comme dans la feuille. Ces poils (*p.*), formés de trois ou quatre cellules disposées en une seule rangée, sont surtout abondants à la surface de la tigelle ; ils proviennent du simple bourgeonnement d'une cellule épidermique, qui se cloisonne perpendiculairement à son axe longitudinal, et constituent, après la germination, les poils glanduleux de la plante. J'ai trouvé ces poils cotylédonaire dans des graines de fruits provenant du Sénégal et dans des graines que j'ai rencontrées dans du kapok acheté à Marseille.

III. — Résumé

Le phelloderme est d'origine péricyclique dans la racine et sous-épidermique dans la tige.

La tige, asymétrique, peut être revêtue d'aiguillons dont l'origine cambiale est plus ou moins profonde dans l'écorce.

La racine et la tige présentent une zone scléreuse, continue ou discontinue, dans la partie extérieure de l'écorce secondaire. Leur liber secondaire, lacuneux, est stratifié et formé de couches fibreuses alternant avec des couches de tubes criblés. Leur bois est très léger, riche en amidon et constitué par de grands vaisseaux, peu nombreux, et par des massifs fibreux disséminés ; les vaisseaux de la racine peuvent posséder des thylls.

Les faisceaux pétiolaires subissent de grandes transformations avant de pénétrer dans les folioles, et il en est de même pour les faisceaux pédonculaires avant leur pénétration dans le fruit.

La foliole a une structure bifaciale : elle présente un hypoderme à cellules gommeuses et une seule assise de cellules palissadiques.

Le fruit a un épicarpe formé de deux sortes de cellules : les unes à membrane mince, les autres à membrane épaissie ; le mésocarpe est scléreux à l'extérieur et lacuneux à l'intérieur ; l'endocarpe se transforme en poils très allongés, libres à la maturité du fruit et formant le kapok.

La graine ne contient que très peu d'albumen distribué autour de deux cotylédons plusieurs fois repliés sur eux-mêmes.

Des poils glanduleux existent à la surface de la plantule dans

la graine, de la jeune tige, de l'extrémité des rameaux et du pétiole, ainsi qu'à la face inférieure de la foliole et à la face supérieure du calice et de la corolle ; dans ces derniers organes floraux, des poils unicellulaires sont associés aux poils glanduleux.

• Les poches à gomme, irrégulièrement disséminées, sont localisées dans le tissu médullaire et le parenchyme cortical interne de la tige, du pétiole, de la nervure médiane du foliole et du pédoncule du fruit, ainsi que dans le parenchyme de la portion interne du mésocarpe.

Les cristaux d'oxalate de chaux sont très abondants dans le tissu sous-épidermique, qui est collenchymateux, l'écorce lacuneuse, le liber, la moelle et les rayons médullaires ; leur forme est rhomboédrique dans les rayons ligneux et au voisinage de la zone scléreuse, tandis qu'elle est étoilée partout ailleurs.

CHAPITRE II

MORPHOLOGIE COMPARÉE DE LA FLEUR, DU FRUIT ET DE LA GRAINE DE QUELQUES BOMBACÉES

I. — *Bombax Ceiba* LINNÉ

(= *Bombax malabaricum*, DE CANDOLLE)

Le *Bombax Ceiba* L. est encore un arbre à kapok très répandu dans les Indes et aux Antilles, mais qui vivrait sporadiquement dans toutes les régions tropicales du globe.

Pour des motifs sur lesquels j'ai eu l'occasion d'insister déjà, il ne m'a pas été permis de faire une étude anatomique du *Bombax Ceiba* parallèlement et comparativement à celle du *Ceiba pentandra*, et mes recherches ont dû se limiter, faute de matériaux, à l'étude de la fleur et du fruit. J'ai eu recours : 1° aux collections de l'Ecole de Pharmacie de Montpellier, où, sous l'étiquette défectueuse d'*Eriodendron anfractuosum*, j'ai rencontré quelques boutons floraux et de jeunes fruits, qui, malgré leur ancienneté et leur grand état de dessiccation, rendant les recherches très difficiles, m'ont cependant été d'une grande utilité dans l'étude du développement ; 2° aux collections du Musée colonial de la Ville de Marseille et aux produits renfermés dans l'Exposition Coloniale de cette dernière ville (1906), qui m'ont fourni des fleurs incomplètes et quelques éléments du fruit.

C'est à l'aide de ces matériaux, bien insuffisants sans doute, que j'ai pu édifier l'étude anatomique de la fleur et du fruit de *Bombax Ceiba*, d'une façon sinon complète, du moins aussi exacte que possible pour les divers points étudiés.

A. — Fleur

Les fleurs de *Bombax Ceiba* étudiées provenaient toutes du pavillon de l'Indo-Chine à l'Exposition Coloniale de Marseille, où elles étaient renfermées dans un bocal portant sur l'étiquette et

en-dessous du nom vernaculaire « *Kouang-Tong* » l'indication suivante : « Produit médicinal existant en grande abondance au nord du Tonkin ». Toutes ces fleurs se montrant avec toutes leurs parties, sauf l'ovaire, il est permis de supposer, la cueillette directe étant très difficile à cause même de la taille de l'arbre qui les porte, qu'elles sont ramassées par les indigènes sur le sol après leur chute de l'arbre, où elles abandonnent l'ovaire et le pédoncule qui les porte. Les indigènes doivent effectuer cette récolte dans des conditions défectueuses ; ces fleurs, en effet, soit qu'elles eussent séjourné sur un sol humide, soit qu'elles eussent été enfermées dans un état de dessiccation incomplète, ont leurs tissus atteints fortement par des moisissures, rendant l'étude encore plus délicate et plus difficile.

1° MORPHOLOGIE EXTERNE (fig. 48 A et B). — Le *calice*, à préfloraison valvaire, enveloppe, dès le début, le bouton floral d'une façon complète, et ce n'est qu'à l'épanouissement de la fleur qu'il se montre découpé supérieurement par trois ou quatre dents irrégulières (1). Epais et charnu, surtout vers la base, le calice possède une face externe brune, avec de fines rugosités formées par de petites écailles en voie d'excortication, tandis que sa face interne est régulière et tapissée d'un velouté jaunâtre.

La *corolle* comprend cinq pétales libres, à préfloraison tordue, mesurant de 7 à 8 centimètres de longueur et 25 à 30 millimètres de largeur ; quatre fois plus longs environ que le calice, les pétales se fixent à leur base par un onglet étroit et court ; de couleur rouge foncé à leur face interne, où se montrent des stries longitudinales et parallèles, visibles surtout par transparence et correspondant aux nervures, les pétales ont leur face externe de couleur jaune cendré et recouverte d'un fin duvet très court et très serré.

Les *étamines* sont très nombreuses ; leurs filets, très développés et très larges, se réunissent jusqu'à des hauteurs variables, formant à leur base cinq gros faisceaux qui alternent avec les pétales. Chaque filet porte à son extrémité un seul sac pollinique

(1) DE CANDOLLE (Prodr. I, p. 470) dit, en effet, « calyx irregulariter bi-trilobatus ».

allongé, inséré en son milieu, et dont les bords libres se replient en-dessous, à droite et à gauche du pédoncule.

Les étamines sont insérées sur une colonne commune, creuse et

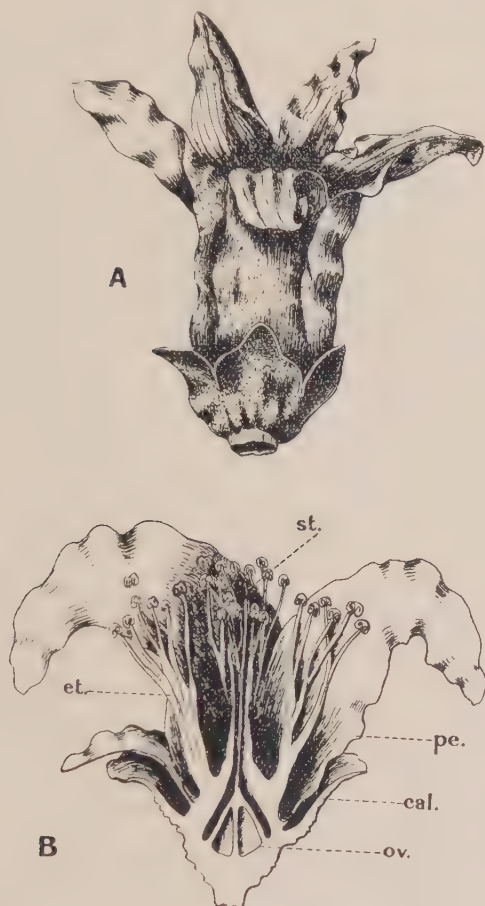


Fig. 48. *Bombax Ceiba* L. Fleur ($\times$. 2/3). — A, Vue générale de la fleur (sans ovaire). — B, Coupe longitudinale non médiane : *cal.*, calice; *et.*, faisceau staminal; *ov.*, ovaire; *pe.*, pétale; *st.*, stigmate.

épaisse, qui, par sa base élargie, s'insère sur le pédoncule floral et coiffe l'ovaire, tandis que son extrémité supérieure se prolonge et se ramifie au centre de la fleur en formant quelques étamines.

L'ovaire (étudié sur de jeunes fruits) est légèrement infère dans

une dépression du réceptacle ; il est formé de cinq carpelles pluriloculaires à placentation axile, se prolongeant supérieurement en un style allongé, grêle, qui occupe le centre de la colonne staminale ; il se termine au niveau des anthères par un stigmate élargi en forme de cornet assez profond, dont les bords sont découpés par deux ou trois incisions qui déterminent autant de lèvres. Chaque loge ovarienne renferme plusieurs rangées d'ovules anatropes.

2° STRUCTURE ANATOMIQUE. — Au point de vue anatomique, les fleurs du *Bombax Ceiba* rappellent de très près la structure des fleurs de *Ceiba pentandra*.

Le calice a son épiderme supérieur pourvu de poils de deux sortes : les uns, glanduleux, pluricellulaires, mesurant environ 230 μ de longueur, occupent le fond du calice ; les autres, unicellulaires, mesurant de 0 millim. 3 à 1 millimètre de longueur, sont localisés vers le bord supérieur ; leur structure est identique à celle que présentent les poils du même organe chez *Ceiba pentandra*. Les poils unicellulaires sont isolés ou bien réunis en groupes de deux par leur partie basilaire, incurvée et rétrécie, qui s'enfonce légèrement dans le tissu sous-épidermique.

La surface épidermique inférieure est très irrégulière, recouvrant de petites formations subéreuses sous-jacentes qui expliquent la présence de ces petites plaques brunes qui se détachent à la face externe du calice.

Entre les deux épidermes se trouve compris un parenchyme très lâche, assez développé, interrompu par de nombreuses poches à gomme, arrondies ou ovales sur les coupes transversales, et dont les cellules renferment souvent des cristaux d'oxalate de chaux, très beaux vers l'extérieur, plus nombreux et plus petits vers l'intérieur.

La corolle offre, dans les pétales qui la constituent, une épaisseur bien plus réduite que dans le calice. Les deux épidermes (fig. 49) sont pourvus de stomates et portent des poils unicellulaires à membrane cutinisée, d'une épaisseur égale, sur la plus grande partie de sa longueur, au diamètre du lumen qu'elle délimite ; ces poils mesurent de 0 millim. 25 à 0 millim. 75 de longueur. Vers la partie basilaire, la cavité cellulaire du poil s'élargit pour se rétrécir de nouveau en un pédicelle assez court, à

membrane amincie et ponctuée, qui fixe le poil à la surface du pétale. Ces poils sont rarement isolés et on les rencontre le plus souvent groupés par leur extrémité basilaire rétrécie, formant des bouquets de poils où les parties libres de ceux-ci, au nombre va-



Fig. 49. — *Bombax Ceiba* L. Fleur. Portion de coupe transversale dans un pétale, montrant la disposition des poils en touffe à la face inférieure de ce dernier ($\times$. 150).

riable de 2 à 8, s'irradient au sommet d'une sorte de pédoncule formé par leurs bases coalescentes ; ces touffes sont irrégulièrement distribuées et sont plus abondantes dans l'épiderme inférieur, où les poils sont encore plus allongés.

Les poils glanduleux, renflés en massue, observés sur les pétales de *Ceiba pentandra*, font totalement défaut sur la corolle de *Bombax Ceiba*.

Dans les deux épidermes (1), supérieur et inférieur, les cellules, allongées radialement, ont une membrane extérieure très épaisse, tandis que les cloisons latérales sont minces et plissées. Une semblable structure se retrouve dans les deux assises sous-épidermiques de la face supérieure du pétale, et dans une assise seulement à la face inférieure. Le parenchyme lacuneux, que ces assises délimitent, se montre légèrement collenchymateux du côté de l'épiderme inférieur, tandis que vers l'épiderme supérieur,

(1) L'étude histologique des pétales a été faite sur des boutons floraux.

il possède de grandes poches à gomme, de forme ovale, disposées sur une seule rangée vers les bords amincis du pétale, beaucoup plus nombreuses et irrégulièrement distribuées dans la partie moyenne plus élargie. Les nervures, réduites à quelques vaisseaux de bois complètement entourés par le liber, ne présentent rien de particulier. L'oxalate de chaux est rare dans le parenchyme du pétale.

Le *faisceau staminal*, formé par la conorescence d'un certain nombre de filets, offre en coupe transversale un contour sinueux. L'épiderme porte quelques poils rigides, courts, à membrane très épaissie, le plus souvent isolés et rarement en groupes de deux ; il entoure un parenchyme lacuneux dans lequel courent plusieurs faisceaux libéro-ligneux irrégulièrement disposés.

Le *style* se termine par un stigmate en forme d'entonnoir, dont la surface externe, convexe, est très irrégulière et revêtue d'une cuticule finement striée ; celle-ci protège de grandes cellules épidermiques, dont quelques-unes se prolongent sous forme de poils courts, habituellement réunis par deux, avec les extrémités divergeant et se dirigeant parallèlement à la surface du style. Au-dessous de l'épiderme, existent quelques sclérites ponctués, allongés suivant l'axe du style, soit isolés, soit groupés en amas.

L'intérieur du cornet du stigmate présente une section transversale pentagonale à angles très accentués, et dont les bords limités par des faisceaux libéro-ligneux sont incurvés vers le centre du stigmate.

La mince lame de parenchyme qui entre dans l'épaisseur des parois du stigmate est des plus lacuneuses.

B. — Fruit

B₁. — Fruit à l'état jeune

1° MORPHOLOGIE EXTERNE. — Les matériaux employés dans cette étude consistaient en de jeunes fruits à peine développés, d'une longueur de 2 à 3 centimètres.

A cet âge, le fruit a la forme d'un prisme à base pentagonale (fig. 50, B), se rétrécissant supérieurement pour se terminer par une pointe tronquée, dont le centre est occupé par une petite dépression stylaire. D'un aspect poussiéreux et de couleur ocreuse à la surface, le fruit est porté par un pédoncule recourbé de 10 à 25

millimètres de longueur, dont la surface présente, avec des plissements longitudinaux, deux ou trois cicatrices transversales qui représentent sans doute les insertions des bractées. La partie supérieure et élargie du pédoncule porte une collerette blanchâtre, faisant saillie à la base du fruit et à surface irrégulière, correspondant à l'insertion des diverses parties de la fleur extérieures à l'ovaire, qui, ainsi que je l'ai indiqué plus haut, sont réunies à leur base à la colonne staminale.

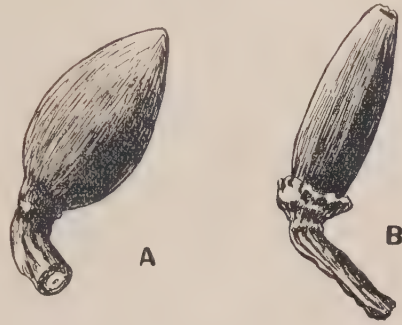


Fig. 50. — *Bombax Ceiba* L. A, bouton floral. B, jeune fruit ($\times$. 1).

2° STRUCTURE ANATOMIQUE.

— a) Pédoncule. — Le pé-

doncule (fig. 51) est limité extérieurement par un épiderme à cuticule très épaisse, garnie de reliefs en forme de petites dents serrées et bien accentuées. Çà et là, l'épiderme montre quelques poils glanduleux analogues à ceux que l'on rencontre à la surface du fruit.

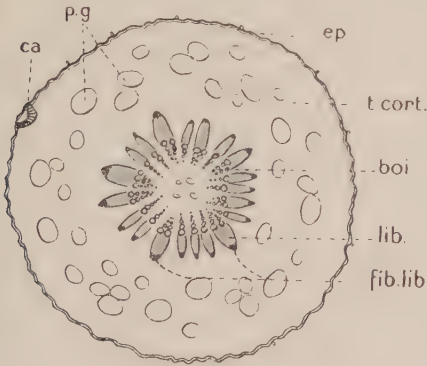


Fig. 51. — *Bombax Ceiba* L. Coupe transversale dans le pédoncule du fruit (schéma) : boi., bois; ca., cambium; ep. épiderme glanduleux; fib., fibres; p. g., poches à gomme; t. cort., tissu cortical.

Sur une coupe transversale, le tissu cortical, sous-jacent à l'épiderme, occupe une épaisseur plus grande que la moitié du rayon du cercle pédonculaire ; collenchymateux à la périphérie, ce tissu est formé plus profondément de cellules irrégulières à membrane plissée. La moelle, parenchymateuse, et le tissu cortical ren-

ferment de nombreuses poches à gomme, irrégulièrement distribuées et de forme arrondie, dont les plus grandes mesurent jusqu'à 260μ de diamètre ; elles sont isolées, quoique peu éloignées les unes des autres, ou bien

sont réunies par groupes de deux ou de trois, simplement séparées par d'étroites bandes de tissu. Dans la partie extérieure de l'écorce fonctionnent de courts cambiums dont les formations subéreuses font saillie à la surface du pédoncule sous forme de petites proéminences blanchâtres.

Le cylindre central a une forme pentagonale. Les faisceaux libériens, étroits et très allongés radialement, présentent extérieurement une pointe s'enfonçant dans l'écorce, composée d'éléments plus ou moins écrasés, dont la membrane, fortement épaissie, montre un commencement de lignification : ceux-ci constitueront plus tard les fibres protectrices. Le bois, très peu développé,

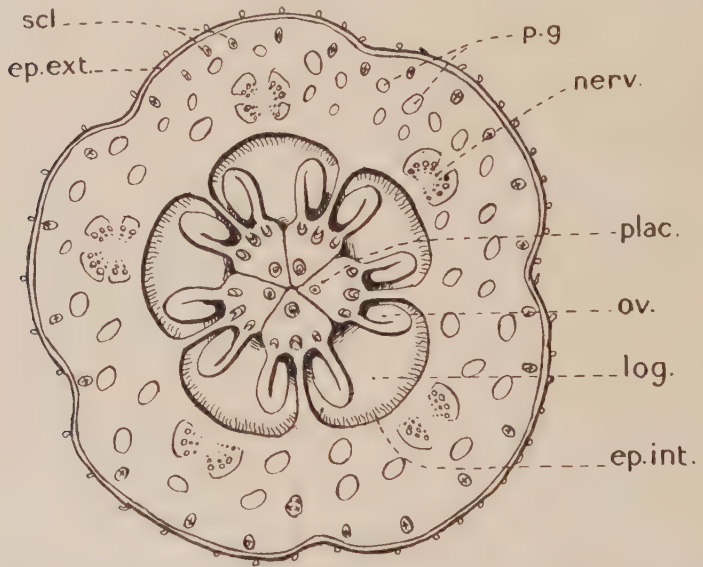


Fig. 52. — *Bombax Ceiba* L. Ovaire ou jeune fruit : coupe transversale (schéma).
ep. ext., épicarpe ; *ep. int.*, endocarpe ; *log.*, loge ; *nerv.*, nervure médiane du
carpelle ; *ov.*, ovule ; *p. g.*, poches à gomme ; *plac.*, placenta ; *scl.*, sclérites.

est formé de courtes rangées de vaisseaux spiralés, réunis par groupes de deux ou trois, largement espacés.

Il y a lieu de signaler la richesse du pédoncule en tannin et en macles d'oxalate de chaux.

b) *Fruit proprement dit* (fig. 52). — L'ovaire est formé de cinq carpelles à bords se réunissant en une placentation axile ; la

cavité ovarienne se trouve ainsi divisée en cinq loges renfermant chacune deux rangées d'ovules anatropes, fixés normalement à l'axe floral.

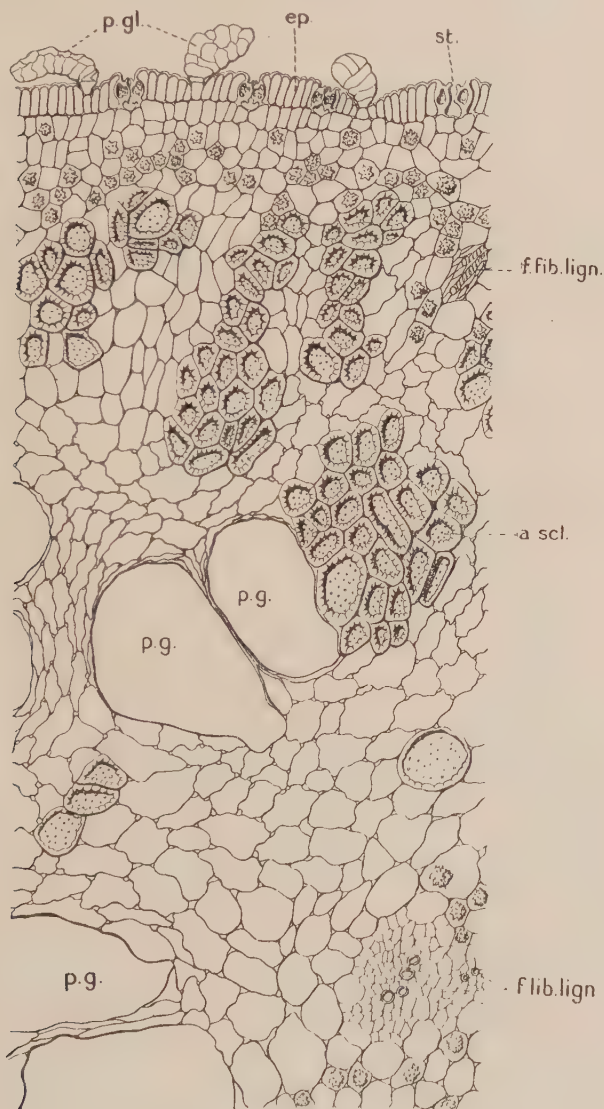


Fig. 53. — *Bombax ceiba* L. Jeune fruit : Coupe transversale dans la partie extérieure du péricarpe ($\times$ 150). — *a. scl.*, amas de sclérites; *ep.*, épicarpe; *f. lib. lign.*, faisceau libéro-ligneux; *p. gl.*, poil glanduleux; *p. g.*, poches à gomme; *st.*, stomate.

De bonne heure, et par suite d'un développement inégal, dans la partie supérieure du fruit seulement, des parois externes, qui grandissent activement, et des cloisons des loges qui ont un accroissement ralenti, les cinq placentas s'éloignent les uns des autres, et les loges communiquent alors entre elles. Ce fait explique l'indépendance des cinq cloisons entre elles à l'intérieur et dans le haut du fruit mûr.

Sur une coupe transversale (fig. 53), les parois du jeune fruit se montrent formées par :

1° Un *épicarpe* à cellules étroites, allongées radialement, les unes différenciées en de nombreux stomates dont l'ouverture, affleurant la surface, communique avec une chambre sous-stomatique réduite, quelques autres différenciées en poils glanduleux.

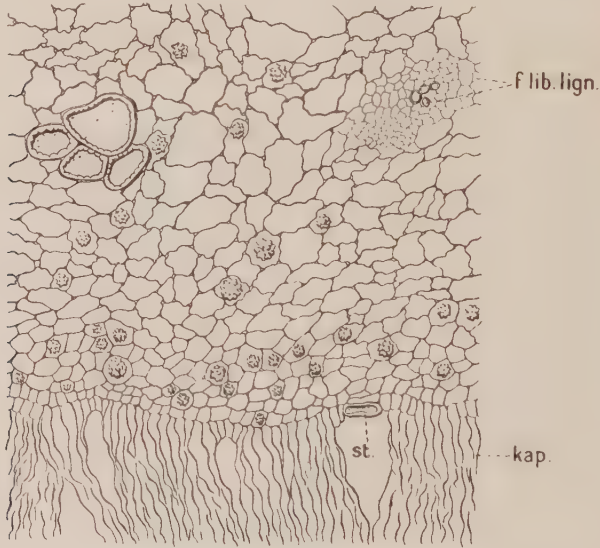


Fig. 54. — *Bombax Ceiba* L. Jeune fruit : Coupe transversale dans la partie intérieure du péricarpe, montrant l'insertion du kapok ($\times$. 150). — *f. lib. lign.*, faisceau libéro-ligneux ; *kap.*, kapok ; *st.*, cellule stomatique coupée.

Ceux-ci ont une forme souvent rencontrée à la surface de plusieurs organes du *Ceiba pentandra* : ils se présentent sous forme de masses irrégulières, ordinairement penchés à l'extrémité d'un pédoncule court, constitué par deux ou trois cellules superposées et inséré au fond d'une dépression épidermique ; la partie glan-

dulaire, terminale, pluricellulaire, divisée par des cloisons radiales et transversales, renferme un contenu jaunâtre.

2° Un *endocarpe* (fig. 54), tapissant l'intérieur des loges, dont la plupart des cellules (dans les fruits ayant atteint un diamètre de 10 à 15 millimètres) se prolongent sous forme de poils. Toutes les cellules de l'endocarpe ne bourgeonnent pas en même temps ou avec la même activité et leurs évaginations sont, dès le début de leur formation, irrégulières dans leurs dimensions et dans leur morphologie, quoique le plus souvent elles soient renflées en massué. Comme ces cellules sont primitivement très petites et que leur différenciation en poils s'accompagne toujours d'un élargissement, il en résulte que, dans le début de leur développement, les poils sont étroitement serrés les uns contre les autres, formant des mèches compactes où il est difficile de distinguer les éléments composants. L'endocarpe présente des stomates, et c'est précisément au voisinage de ces derniers que se rencontrent les cellules non différenciées en poils.

3° Un *mésocarpe*, occupant l'intervalle des deux précédents tissus, formé par un parenchyme très riche en poches à gomme, en tannin et en oxalate de chaux. Ce dernier est surtout localisé dans les régions sous-épidermiques, dans le voisinage de l'épicarpe et de l'endocarpe, où les cellules parenchymateuses se montrent en général de dimensions plus réduites, régulières extérieurement et légèrement comprimées vers l'intérieur.

De très bonne heure, il apparaît dans le mésocarpe de grandes cellules scléreuses, polygonales, qui se forment tout d'abord à une petite distance de l'épicarpe et dans le voisinage des poches à gomme. Isolées au début de leur formation, ces cellules se groupent plus tard en petits amas plus ou moins rapprochés se développant radialement comme l'élément scléreux lui-même. Dans un fruit plus avancé, les sclérites se développent dans toute l'épaisseur du mésocarpe, mais toujours disséminés ou simplement en petits groupes épars.

Les nervures qui parcourent le parenchyme carpellaire offrent la particularité d'avoir un liber très développé.

Les *cloisons* et les *placentas* sont revêtus d'un épiderme qui, contrairement à ce qui existe dans *Ceiba pentandra*, reste glabre et ne forme jamais de poils. La structure de ces parties internes du fruit ne présente rien de particulier ; le parenchyme y est

lacuneux et le contenu cellulaire est le même que dans les parois externes du fruit.

B₂. — Fruit mûr (1)

1° MORPHOLOGIE EXTERNE. — A en juger par les valves, le fruit du *Bombax Ceiba* serait de forme oblongue, mesurant environ 9 centimètres de longueur. La déhiscence est loculicide. A l'état sec et dans la région moyenne, l'épaisseur des valves est environ de 2 millimètres ; leur coloration est brun rougeâtre à l'extérieur, dont la surface est unie, gris cendré à l'intérieur, après la chute du coton.

Dans les fruits incomplètement mûrs, un coton blanchâtre tapisse l'intérieur des valves, dont la surface ne porte pas les reliefs alvéolaires que j'ai indiqués dans les fruits de *Ceiba pentandra*, et présente seulement, en saillies légères, de fines nervures ramifiées dans tous les sens.

2° STRUCTURE ANATOMIQUE. — La structure du jeune fruit étant connue, je n'insisterai pas sur l'histologie du fruit mûr, que je me bornerai à indiquer dans ses grandes lignes afin de pouvoir établir quelques comparaisons avec celle du fruit de *Ceiba pentandra*, exposée beaucoup plus longuement.

Une section transversale dans la partie médiane d'une valve montre (fig. 55 et 56) :

1° Un *épicarpe*, inégalement épaissi sur toute sa surface, formé de cellules rectangulaires qui, vues de face, se montrent polygonales et interrompues par de nombreux stomates à ostiole étroit, bordé par deux cellules stomatiques allongées. Les nombreux poils glanduleux, observés à la surface du jeune fruit, y sont rares et ont disparu presque complètement dans l'épicarpe du fruit mûr.

2° Un *mésocarpe* comprenant encore ici une zone externe, scléreuse, et une zone interne, parenchymateuse, à peu près d'égale importance. Mais, tandis que chez *Ceiba pentandra*, le mésocarpe

(1) Comme fruits mûrs de *Bombax Ceiba*, je n'ai pu obtenir que des valves, des fragments de cloisons, du coton et des graines, mais pas un seul fruit complet, malgré de nombreuses démarches auprès de divers Naturalistes et de plusieurs Musées coloniaux.

est uniquement formé de ces deux zones (inégalement épaisses), dans le *Bombax Ceiba*, la zone scléreuse est en outre séparée de l'épicarpe par une mince bande de parenchyme riche en oxalate de chaux, formant dans la masse scléreuse et de distance en dis-

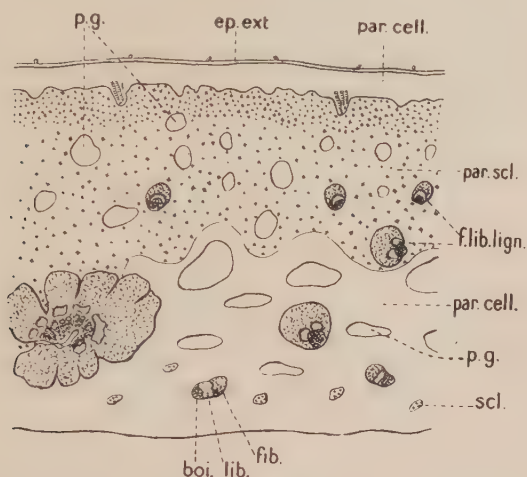


Fig. 55. — *Bombax Ceiba* L. Fruit : Coupe transversale dans la partie médiane de la longueur d'une valve (schéma). — *boi.*, bois; *ep. ext.*, épicarpe glanduleux; *f. lib. lign.*, faisceaux libéro-ligneux (dans la partie gauche et inférieure de la figure, on voit un cylindre libéro-ligneux montrant bien la grande surface occupée par les fibres); *fib.*, fibres; *lib.*, liber; *par. cell.*, parenchyme cellulosique; *par. scl.*, parenchyme scléreux; *p. g.*, poches à gomme; *scl.*, sclérites.

tance, des poches parenchymateuses dont le fond est ordinairement occupé par une ramification de nervure. La zone scléreuse elle-même, dans *Bombax Ceiba*, se montre pourvue vers l'extérieur de petits éléments à section polygonale et à membrane très épaisse, perforée de canalicules très développés, délimitant une cavité cellulaire très réduite, presque virtuelle; intérieurement, les cellules y sont plus grandes, irrégulières de forme, avec une membrane plus mince et légèrement ponctuée, et présentent entre elles des méats en même temps que des cristaux d'oxalate de chaux dans leur cavité.

Le mésocarpe interne, parenchymateux, est formé de cellules allongées tangentiellement, légèrement comprimées et aplaties, surtout au voisinage de l'endocarpe, dont la membrane est mince

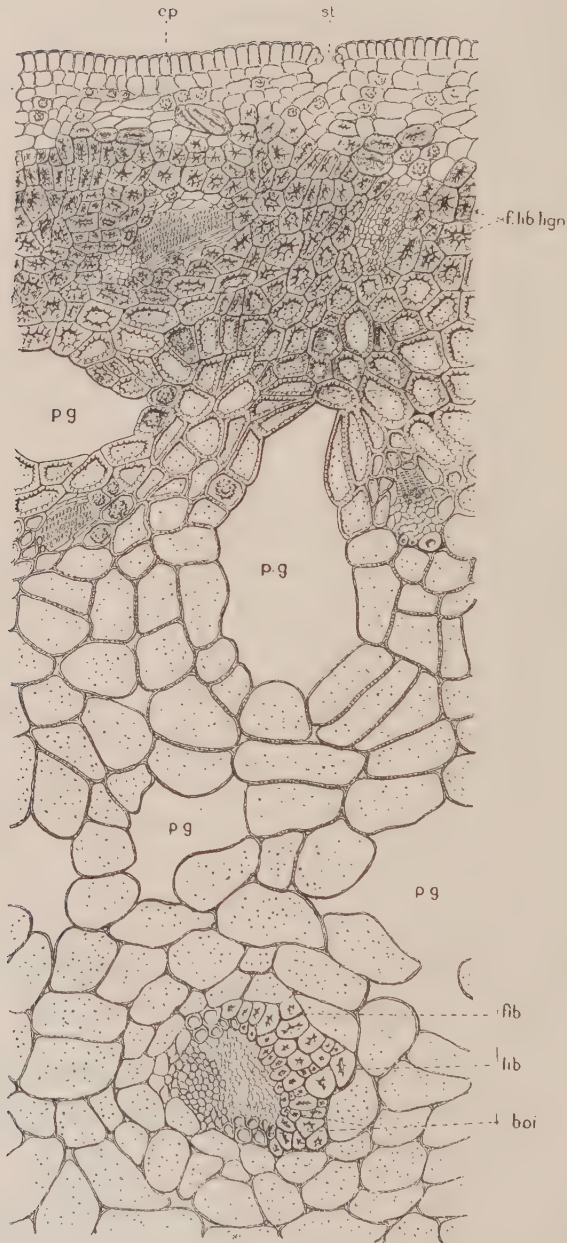


Fig. 56. — *Bombax Ceiba* L. Fruit : coupe transversale dans la partie externe du péricarpe, montrant la bande de parenchyme qui sépare le mésocarpe scléreux de l'épicarpe ($\times 120$). — *boi.*, bois ; *ep.*, épicarpe ; *fib.*, fibres ; *f. lib. lign.* faisceau libéro-ligneux ; *lib.*, liber ; *p. g.*, poches à gomme ; *st.*, stomate.

et plissée. Parmi ces cellules, riches en oxalate de chaux, sont disséminés quelques petits groupes de sclérites.

Dans les deux parties du mésocarpe, on rencontre des poches à gomme et des faisceaux libéro-ligneux, beaucoup plus développés cependant dans la zone parenchymateuse, où les poches forment des cavités spacieuses. Il n'est pas rare d'observer dans les poches à gomme de la zone scléreuse, des amas de cellules à membrane mince, fixées contre les parois de la poche par une partie rétrécie et qui proviennent de la prolifération des cellules limitantes de la poche vers l'intérieur de celle-ci.

Comme dans *Ceiba pentandra*, les faisceaux libéro-ligneux sont caractérisés par le grand développement des fibres qui entourent le liber ; elles s'étendent sur une plus grande surface que les faisceaux qu'elles protègent. Dans une section transversale, elles se montrent inégalement développées, les unes très grosses et mesurant jusqu'à 50μ de diamètre, les autres, plus petites, avec un lumen proportionnellement réduit et de forme variable. Le liber, qui comprend de grandes lacunes, est fragmenté en petites masses par des rayons médullaires.

3° Un *endocarpe* qui, dans le fruit mûr, se trouve représenté par le kapok qui s'en détache et dont l'étude sera faite dans la partie de ce travail, exclusivement réservée au kapok.

Formations secondaires. — Ici, comme dans *Ceiba pentandra*, on rencontre dans le parenchyme sous-jacent à l'épicarpe, des ilots cambiaux produisant un tissu subéreux très réduit.

Cloisons du fruit. — Ainsi que je l'ai déjà indiqué à propos de la structure du jeune fruit, celui-ci devient uniloculaire dans sa partie supérieure. Cette disposition se retrouve dans le fruit mûr et, sur les sections transversales, les cloisons et leur placenta se présentent sous forme d'une masse étoilée à cinq branches (fig. 57, A) dans la partie inférieure du fruit, tandis que dans la partie supérieure cette masse est décomposée en ses cinq branches (fig. 57, B), indépendantes les unes des autres. Celles-ci, observées en entier, ont l'apparence de lames de couteau dont le dos élargi et blanchâtre est occupé par le placenta, tandis que la lame, de couleur marron, est formée par la cloison dont le bord, correspondant au tranchant, est fixé contre la paroi du fruit.

La surface des cloisons, comme celle du placenta, est toujours nue et l'épiderme limitant ne produit jamais de kapok.

La structure anatomique des cloisons (fig. 58) est caractérisée

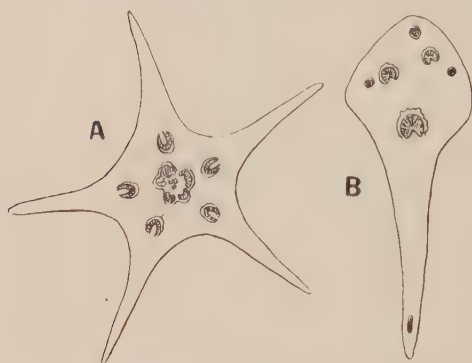


Fig. 57. — *Bombax Ceiba* L. Fruit : coupe transversale dans les placentas et les cloisons (schémas). — A, partie basilaire du fruit (les placentas sont adhérents); B, partie distale du fruit (une des cloisons).

par la grande épaisseur, quoique de façon inégale, des membranes cellulaires, beaucoup plus accentuée encore dans les éléments de l'endocarpe limitant. Le parenchyme a un aspect écrasé, mais à cellules régulières, laissant entre elles des lacunes mal délimitées; dans les parties profondes, les membranes cellulaires s'amincissent et plus principalement dans la masse placentaire, où les cellules sont allongées et réunies entre el-

les de manière assez lâche et de façon à former une sorte de tissu réticulé. Si ce n'était l'épaisseur des membranes cellulosesiques, le tissu des cloisons serait donc des plus mous.

Les cylindres libéro-ligneux n'offrent rien de particulier, sauf que leur partie médullaire y est formée d'éléments petits et avec des caractères qui lui donnent un aspect pouvant, à une observation superficielle, la faire considérer comme étant du liber.

Enfin, les cloisons renferment dans leurs cellules du tanin et de beaux cristaux en oursin d'oxalate de chaux.

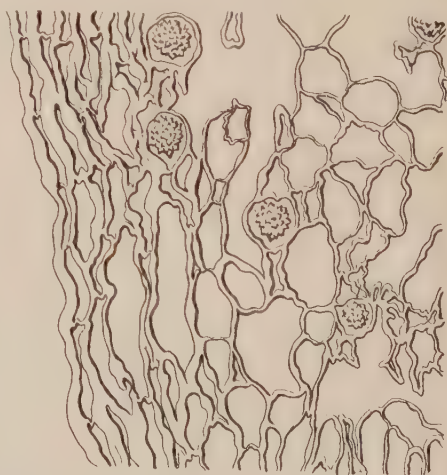


Fig. 58. — *Bombax Ceiba* L. Fruit : portion d'une coupe transversale dans une des cloisons ($\times$. 150).

C. — Graine

De dimensions plus réduites que celle de *Ceiba pentandra*, la graine de *Bombax Ceiba* (fig. 59, A) a une forme arrondie en poire, portant à son extrémité pointue un hile blanchâtre ; de couleur brune, mouchetée de parties plus claires, elle mesure de 6 à 7 millimètres de longueur dans son grand axe et 4 à 5 millimètres de largeur dans sa partie la plus renflée. Sa surface est unie, mais présente une légère saillie rugueuse et de couleur noirâtre, à direction longitudinale, qui, partant du hile, parvient directement dans la partie élargie, où elle s'étale à droite

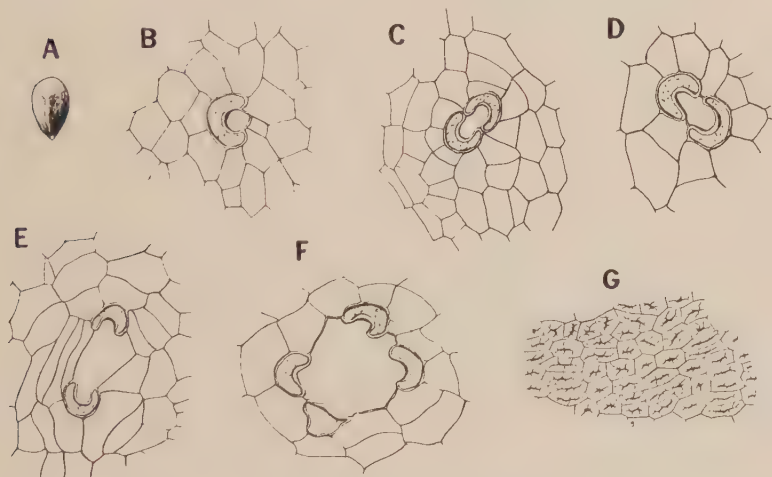


Fig. 59. — *Bombax Ceiba* L. Graine : A, aspect de la graine vue par la face portant le raphé ($\times$. 1) ; B, C, D, E, F, vues de face de l'épiderme du tégument avec différentes formes de stomates ($\times$. 150). — G, vue de la face supérieure de l'assise scléreuse palissadique ($\times$. 150).

et à gauche en figurant une sorte de T ou bien d'Y à branches supérieures très ouvertes. Cette saillie, ainsi que le montre l'anatomie, est formée par la nervure que possède le tégument de la graine et qui constitue le raphé.

STRUCTURE HISTOLOGIQUE. — 1° *Tégument*. — Après macération dans l'eau, le tégument de la graine se montre formé par quatre

enveloppes superposées qui, sur une coupe transversale faite perpendiculairement au raphé, présentent les caractères suivants :

1° L'enveloppe externe, très développée autour des vaisseaux conducteurs, mais mince partout ailleurs, où elle mesure de 70 à 115 μ , comprend dans ces dernières parties :

Un épiderme à cellules rectangulaires, allongées tangentielle-ment, à membrane externe cutinisée et à cloisons latérales plissées. Vues de face, ces cellules épidermiques (fig. 59, C) ont un contour nettement hexagonal, à côtés bien rectilignes, et sont interrompues de distance en distance par des ostioles stomatiques largement ouverts, bordés par deux cellules qui sont entourées elles-mêmes de cinq à neuf cellules irrégulièrement disposées. Les stomates, légèrement enfoncés par rapport à la surface de la graine et s'ouvrant dans une chambre sous-stomatique spacieuse, présentent, quant à la forme et au nombre des cellules délimitant l'ostiole, certaines variations qu'il est nécessaire de signaler et qui ont le caractère d'anomalies. Parfois, en effet (fig. 59, D et E), les deux cellules bordant l'ostiole présentent chacune la forme d'un fer-à-cheval, dont les branches, opposées deux à deux, sont réunies bout à bout, ou bien les branches de l'une des cellules s'éloignent plus ou moins des branches opposées de l'autre, et l'ostiole n'est plus complètement délimité par ces deux cellules ; dans ce dernier cas, la cellule périphérique comprise dans l'écartement des branches, de chaque côté de l'ostiole, entre dans la constitution des lèvres de ce dernier sans présenter cependant les caractères histologiques spéciaux aux cellules stomatiques proprement dites. Dans d'autres cas aussi (fig. 59, F), l'ostiole, alors quadrangulaire, se trouve en partie délimité par quatre cellules stomatiques proprement dites, en forme de croissant, occupant les quatre angles de l'ouverture ostiolaire dont les côtés sont occupés par les cellules périphériques, qui ont conservé leurs caractères propres. Enfin, il m'a été permis d'observer encore un stomate dont l'ostiole, de forme arrondie, n'était limité que par une seule cellule stomatique en croissant dont les extrémités étaient très rapprochées, mais sans se toucher cependant, et de manière qu'une des cellules périphériques, en regard de l'extrémité des deux branches du croissant, entraînait dans la constitution de l'ostiole (fig. 59, B).

Un parenchyme lacuneux, sous-épidermique, constitué par 3 à

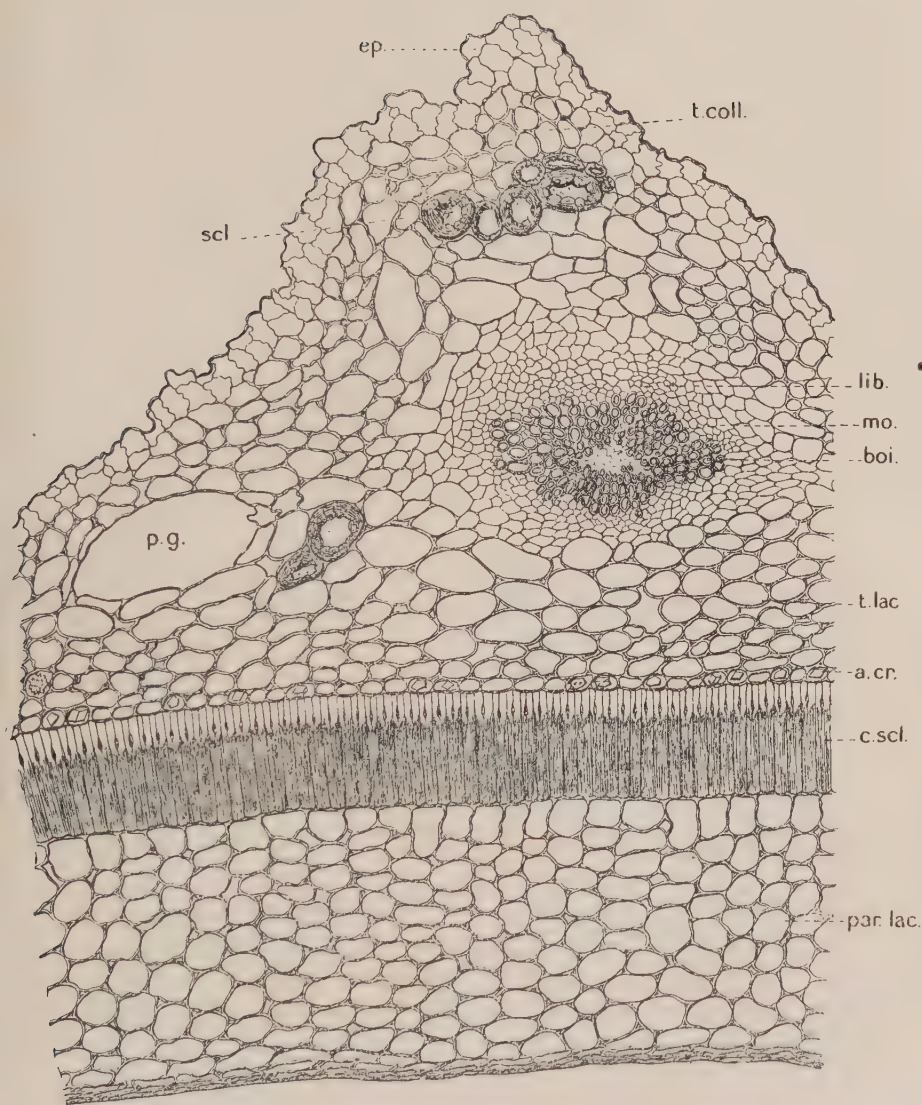


Fig. 60. — *Bombax Ceiba* L. Graine : coupe transversale du tégument au niveau du raphé ($\times 150$). — *a. cr.*, assise cristalligène ; *boi.*, bois ; *c. scl.*, cellules scléreuses palissadiques (2^e enveloppe) ; *ep.*, épiderme ; *lib.*, liber ; *mo.*, mucilage ; *par. lac.*, parenchyme lacuneux (3^e enveloppe) ; *p. g.*, poche à gomme ; *scl.*, sclérites ; *t. lac.*, tissu lacuneux ; *t. coll.*, tissu légèrement collenchymateux.

5 assises de cellules ovales, à membrane légèrement épaissie et lignifiée, laissant entre elles de grands méats et renfermant de l'oxalate de chaux en cristaux étoilés. Vues de face, ces cellules se montrent ramifiées et réunies entre elles par des prolongements étroits donnant au tissu qu'elles composent un aspect réticulé. Ce parenchyme n'est pas toujours en contact direct avec l'épiderme qui, en certains points et par des cloisonnements tangentiels de ses éléments, fournit une ou deux assises de cellules de même forme que les cellules épidermiques, séparant ainsi les deux tissus. Dans sa région profonde, le parenchyme lacuneux repose sur une assise de cellules de dimensions inégales quoique toujours petites et allongées tangentiellement, dont la membrane est lignifiée : c'est l'assise scléreuse cristalligène du tégument de la graine des *Cotonniers* et des *Ceiba pentandra*, et, en effet, l'oxalate de chaux, rare dans le parenchyme lacuneux, se montre

très abondant dans ces cellules scléreuses, où on le rencontre uniquement avec la forme prismatique.

La nervure tégumentaire, ai-je déjà dit, détermine à la surface de la graine une saillie qui, partant du hile, atteint la portion élargie de la graine, où elle se divise en deux branches divergentes ; celles-ci se ramifient à leur tour et prennent une disposition arborescente. Dans une section transversale (fig. 60) le raphé a une forme sub-triangulaire à sommet arrondi et à côtés irréguliers et sinueux, se prolongeant

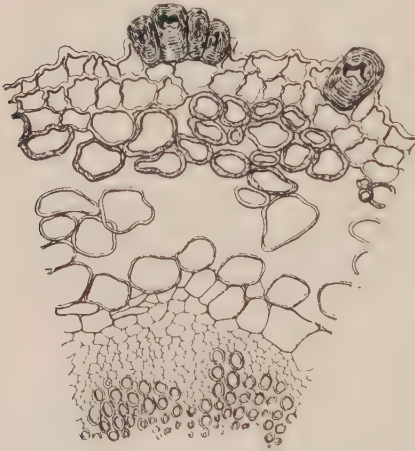


Fig. 61. — *Bombax Ceiba* L. Graine : portion de coupe transversale dans le raphé, montrant l'épiderme et le tissu lacuneux sous-épidermique se différenciant en sclérites ($\times$. 200).

inférieurement avec la base très élargie dans la partie amincie de la première enveloppe du tégument ; la hauteur de cette figure triangulaire varie avec le niveau où la coupe a été pratiquée et mesure de 0 millim. 25 à 0 millim. 80. L'épiderme limitant, à membranes minces, ne présente pas partout la même hauteur,

par suite des dimensions inégales des cellules qui le constituent ; il se divise par des cloisons tangentielles en certains points et, sur certaines graines (fig. 61), montre quelques-uns de ses éléments différenciés en sclérites étroits, allongés normalement à la surface sur laquelle ils font légèrement saillie, avec une membrane épaissie surtout vers l'intérieur du tégument.

Au-dessous de l'épiderme, existe un tissu lacuneux renfermant une ou plusieurs poches à gomme et dont les cellules constitutives présentent en certains points une membrane épaissie. Celles-ci sont d'autant plus nombreuses que la nervure est plus saillante : il peut y en avoir une ou deux à droite et à gauche du cylindre conducteur et une ou deux supérieurement à ce dernier, dans une même section transversale ; elles sont de forme ovale et allongées tangentiellement.

Le parenchyme lacuneux est traversé par un cylindre libéro-ligneux courant à une faible distance de la base de la nervure. De forme ovale, légèrement aplati parallèlement à la surface de la graine, ce cylindre s'élargit graduellement au fur et à mesure qu'il se rapproche du point de bifurcation de la nervure. Le liber, très développé et terminé latéralement en pointe (sur les coupes transversales), est formé de petits éléments qui, à la périphérie, sont incomplètement différenciés et se confondent avec le tissu environnant. Le bois, à contour extérieur irrégulier, est constitué par de petits vaisseaux spiralés, réunis en files rayonnantes et étroitement serrées mais d'inégale longueur, se rejoignant presque au centre du faisceau où la moelle est par conséquent très réduite.

Dans le parenchyme lacuneux du raphé, on trouve parfois des sclérites rayés ou ponctués, isolés ou par petits groupes. Les sclérites font parfois défaut, et dans ce cas, on constate qu'à une certaine distance de l'épiderme les membranes de plusieurs rangées de cellules sont lignifiées. Ces différences ne peuvent être attribuées qu'à des stades différents dans la maturité des graines étudiées.

2° La deuxième enveloppe présente une épaisseur de 115 μ environ ; elle ne comprend qu'une seule assise de hautes cellules scléreuses, palissadiformes, identiques à celles qui constituent la même enveloppe dans la graine de *Ceiba pentandra* et des Cottonniers (*Gossypium*). Vues par leur face supérieure, ces cellules

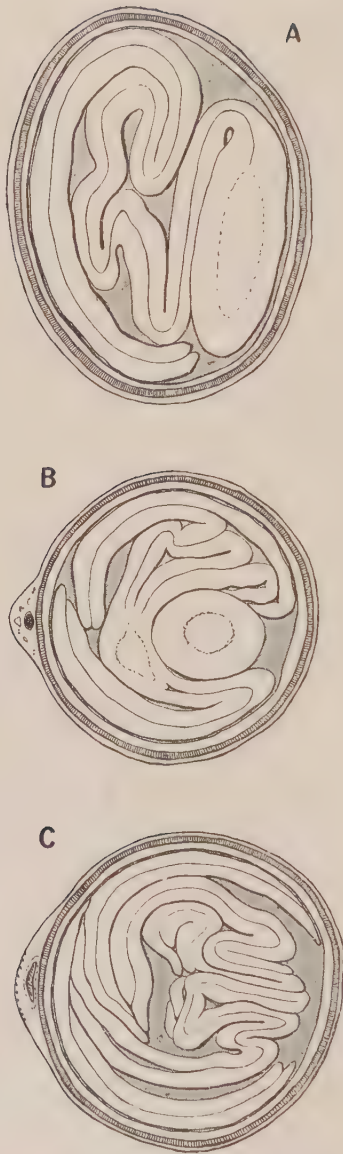


Fig. 62. — *Bombar Ceiba* L. Graine; schémas montrant la disposition des cotylédons. — A, coupe longitudinale; B, C, coupes transversales à des niveaux différents.

des cotylédons, où il n'est jamais bien abondant.

présentent des contours polygonaux et une surface moins régulière que dans *Ceiba pentandra* (fig. 59, G).

3° La troisième enveloppe, aussi épaisse que les deux autres enveloppes réunies, mesure environ de 200 à 300 μ . Elle est constituée par un parenchyme lacuneux, à cellules pourvues d'une membrane épaisse, affectant parfois une disposition assez régulière suivant des files radiales, et présentant entre elles des méats. Les dernières assises internes, les plus profondes par rapport au tégument, sont écrasées les unes contre les autres.

4° Enfin la dernière enveloppe, la plus interne (non représentée dans la figure) n'est formée que d'une seule assise de cellules dont la membrane offre les épaisissements caractéristiques et déjà signalés dans le tégument de la graine de *Ceiba pentandra* (p. 78) ; elle forme une fine membrane entourant l'amande.

2° Amande (fig. 62, A, B, C). — L'amande, riche en huile et en grains d'aleurone, renferme un albumen très réduit, représenté souvent à la périphérie par une seule assise de cellules rectangulaires et se continuant dans les interstices que laissent entre eux les nombreux replis

Les cotylédons ont une structure bifaciale identique à celle observée chez *Ceiba pentandra*, ce qui fait supposer une anatomie semblable pour la feuille adulte. Ici, cependant, les cotylédons renferment de petits cristaux d'oxalate de chaux, et, contrairement à ceux de *Ceiba pentandra*, ne présentent jamais de poils à leur surface, ou du moins je n'en ai jamais observé.

Tableau.

D. — Tableau comparatif, montrant les différences entre le *Ceiba pentandra* (L.) et le *Bombax Ceiba* L., d'après les caractères tirés de la fleur et du fruit.

	CEIBA PENTANDRA (L.)	BOMBAX CEIBA L.
<i>Fleur</i>	Petite, jaunâtre.	Grande, rougeâtre.
Corolle (face supérieure) . . .	Porte poils glanduleux et poils unicellulaires, ceux-ci réunis par deux.	Pas de poils glanduleux ; poils unicellulaires réunis en touffes de 2 à 8.
Étamines	Au nombre de 5, libres et à peine réunies à leur base en une courte colonne creuse ; 2 anthères chacune.	En grand nombre, réunies en cinq faisceaux ; 1 anthère.
Ovaire	Pluriloculaire sur toute la hauteur.	Devient uniloculaire dans sa partie supérieure.
<i>Fruit</i>	Jaune, de 10-15 centim. de longueur, avec calice persistant.	Marron foncé, de 9 cent. de longueur ; calice caduque.
Pédoncule	Avec épiderme sans poils ; à tissu cortical avec sclérites ; à fibres péricycliques et libériennes très développées.	Avec épiderme à poils glanduleux ; à tissu cortical sans sclérites ; à fibres péricycliques très réduites situées à l'extrémité de cônes libériens très allongés.
Epicarpe	Glabre avec sclérites.	A poils glanduleux et pas de sclérites.
Mésocarpe scléreux . . (partie extérieure)	Interrompu par de petites poches de parenchyme péri-stomatiques.	Séparé de l'épicarpe par bande de parenchyme continue.
Péricarpe, surface interne	Alvéolaire.	Sans alvéoles, mais avec de fines nervures.
Cloisons du fruit . . . (après déhiscence)	Restant couvertes d'un court duvet.	Glabres.
<i>Graine</i> : Tégument	Sans raphé.	Avec raphé.
Assise cristalligène . . .	Sans oxalate de chaux.	Riche en oxalate.
Cotylédons	Pourvus de poils : dépourvus d'oxalate de chaux.	Poils non observés ; pourvus d'oxalate de chaux.

II. — Fruit et graine de *Bombax buonopozense*

Pal. de Beauvois

Le kapokier, que Palisot de Beauvois a décrit sous le nom de *Bombax buonopozense*, habite l'Afrique Occidentale, où il semble être cantonné. Un petit nombre de fruits, de fragments de fruit et une certaine quantité de kapok produits par cet arbre avaient été envoyés à l'Exposition Coloniale de Marseille par M. VULLIET, inspecteur-agriculteur dans le Haut-Sénégal. Je dois à l'obligeance de M. le Commissaire attaché au pavillon du Niger et du Haut-Sénégal dans l'Exposition, d'avoir pu faire l'étude suivante, grâce à un fruit complet et à quelques fragments de fruit qui me furent donnés.

A. — Fruit

1° MORPHOLOGIE EXTERNE. — C'est un fruit globuleux (fig. 63), légèrement oblong, mesurant 6 à 8 centimètres de longueur et 4 centimètres de largeur environ et de couleur analogue à celle du fruit de *Bombax Ceiba*, et par conséquent brun rougeâtre. Il est porté par un court pédoncule de 2 à 3 centimètres de longueur, légèrement courbé et à surface profondément ridée ; vers la base du fruit, le pédoncule s'élargit et porte des verrucosités dues à des formations subéreuses.

La déhiscence, loculicide, a lieu par la division des parois du fruit en cinq valves inégales entourant une masse colonneuse très blanche. Le kapok, qui a pris naissance sur la face interne des valves, est comprimé autour des graines, formant de petites pelotes très inégales, plus volumineuses et par suite moins nombreu-



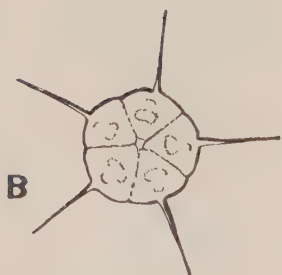
Fig. 63. — *Bombax buonopozense*
PALIS. Aspect extérieur du fruit
($\times$ 1).

ses que dans le fruit de *Ceiba pentandra*. Cette ouate cache un placenta central, très développé, extrêmement léger et spongieux

(fig. 64), sur lequel s'insèrent longitudinalement cinq cloisons membranées, minces, très délicates et fragiles, qui divisent le fruit en cinq loges. Le placenta, de couleur jaune rougeâtre, présente à sa surface des séries de reliefs auxquels correspondait l'insertion des graines.



A



B

Fig. 64.—*Bombax buonopozense* PALIS. Fruit : A, aspect général du placenta avec ses cloisons (X. 1) ; B, coupe transversale (schéma) de la colonne précédente (X. 1).

2° STRUCTURE ANATOMIQUE. — L'anatomie des différentes parties du fruit rappelle de très près celle des mêmes organes du *Bombax Ceiba*, déjà étudiés.

a) *Pédoncule*. — Sur une coupe transversale (fig. 65), se présente entouré d'une cuticule très épaisse et à reliefs très accentués, se séparant facilement, sous l'action du rasoir, de l'épiderme qu'elle recouvre. Celui-ci, formé de cellules allongées radialement, décrit à sa surface externe des sinuosités dont les concavités sont occupées soit par des poils unicellulaires groupés en bouquet, soit par des poils glanduleux isolés, soit encore par des stomates : poils glanduleux et poils unicellulaires ayant la même structure que dans les espèces précédemment étudiées.

L'écorce et la moelle, très développées, sont collenchymateuses, et c'est dans l'écorce externe que les membranes présentent la plus grande épaisseur. Nombreuses dans le tissu cortical, où les plus grandes ont un

diamètre de 300 à 400 μ , les poches à gomme, dont la forme est

arrondie, sont moins bien représentées dans la moelle, où elles font même défaut sur certaines coupes.

La section transversale du cylindre libéro-ligneux est sub-trian-

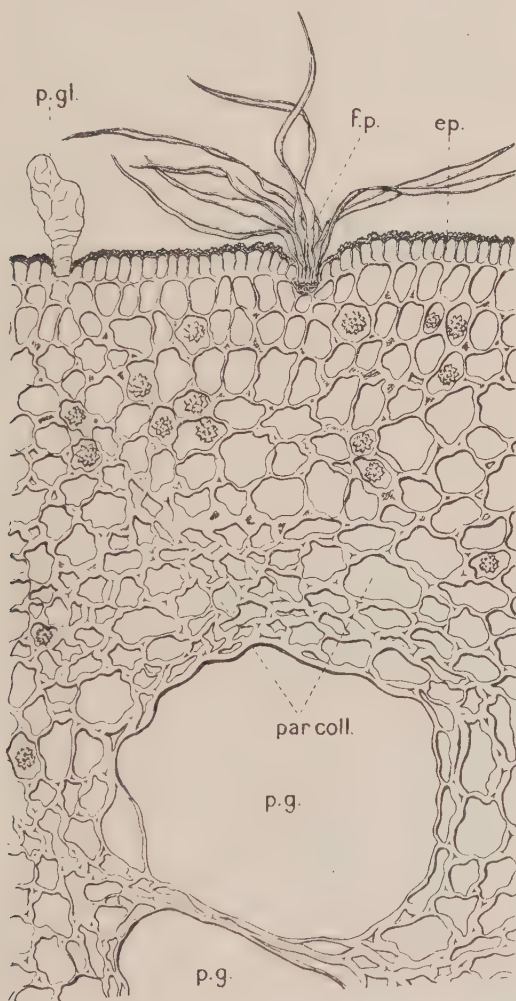


Fig. 65. — *Bombax buonopozense* PALIS. Pédoncule du fruit : portion de coupe transversale dans l'écorce (partie externe) (X. 150). — *ep.*, épiderme ; *p.*, poils tecteurs réunis en touffe ; *par. coll.*, parenchyme collenchymateux ; *p. g.*, poches à gomme ; *p. gl.*, poil glanduleux.

gulaire ou semi-circulaire et, comme dans *Bombax Ceiba*, les cônes libériens, très allongés et lacuneux, ont leur extrémité for-

mée de fibres et de cellules scléreuses. Le bois est entouré extérieurement d'un cercle continu et rarement interrompu de fibres et de cellules scléreuses, duquel partent, vers l'intérieur, des files radiales de cinq à dix petits vaisseaux, séparées par de larges bandes de parenchyme médullaire.

L'oxalate de chaux est localisé, sous forme de cristaux étoilés, dans le tissu cortical externe, le liber et la moelle.

b) *Valves ou parois du fruit.* — Les valves sont inégales et mesurent, pour un même fruit, de 14 à 22 millimètres de largeur dans leur partie moyenne, la plus large ; à ce même niveau, l'épaisseur est environ de 2 millim. 5, mais elle s'accroît vers les extrémités de la valve et surtout vers l'extrémité basilaire, où elle peut atteindre jusqu'à 6 millim. De consistance très dure à son extérieur et molle à l'intérieur, la valve présente une cassure nette dans sa partie dure, et fibreuse dans sa partie molle ; sa face interne, de couleur brun clair, offre un réseau de fines nervures découpant une surface unie, et sa tranche est d'un blanc laiteux.

Sur une coupe transversale, la valve montre :

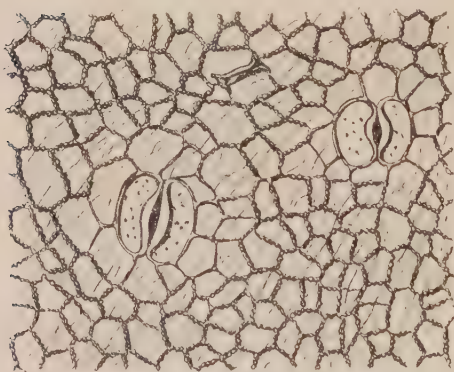


Fig. 66. — *Bombax buonopozense* PALIS. Vue superficielle du fruit ($\times$ 300).

Un *épicarpe*, revêtu par une cuticule épaisse, à reliefs, formé de cellules qui, observées de face (fig. 66), sont petites, de forme polygonale et à membrane présentant des épaississements en grains de chapelet. Les stomates, à ostiole très étroit, y sont très nombreux et entourés d'un assez grand nombre de cellules irrégulières (le plus souvent, sept). Pas

de poils glanduleux ; mais ceux-ci existent peut-être dans le jeune fruit et tombent dans les stades plus avancés (1).

(1) Dans *Bombax Ceiba* (voir p. 90 et 92) les poils existent en effet dans le jeune fruit, mais sont rares dans le fruit adulte.

Un *mésocarpe* (fig. 67), de même structure que dans *Bombax Ceiba*, mais dont la bande parenchymateuse sous-épidermique est formée de cellules à parois minces, privées d'oxalate de chaux. Les poches à gomme du mésocarpe scléreux sont ici plus souvent envahies par les proliférations des cellules limitantes qui en comblent

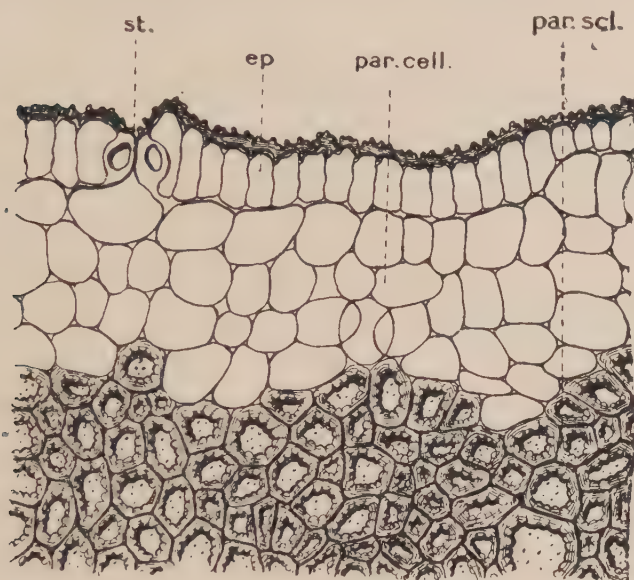


Fig. 67. — *Bombax buonopozense* PALIS. Fruit : portion de coupe transversale dans la partie extérieure du péricarpe ($\times$ 300). — ep., épiderme : par. cell., parenchyme cellulosique ; par. scl., parenchyme scléreux ; st., stomates.

plus ou moins la cavité ; ces mêmes poches dans le parenchyme lacuneux paraissent être aussi plus grandes que dans *B. Ceiba*.

L'*endocarpe* est encore ici totalement transformé en poils et n'existe plus comme partie constituante de la valve dans le fruit mûr.

c) *Placenta et cloisons du fruit*. — Quoique glabres comme dans le *Bombax Ceiba*, le placenta et les cloisons du fruit de *B. buonopozense* ont une structure bien caractéristique. Les bords des carpelles sont réunis en une colonne unique, très spongieuse, portant les cinq cloisons.

L'*endocarpe*, vu normalement à sa surface (observation facile, étant données la minceur et la transparence des cloisons), se mon-

tre formé (fig. 68) de grandes cellules très allongées, de formes variées et à membrane inégalement épaissie, présentant entre elles de petits méats intercellulaires.

Le parenchyme que revêt l'endocarpe est des plus lacuneux (fig. 69) ; il est formé

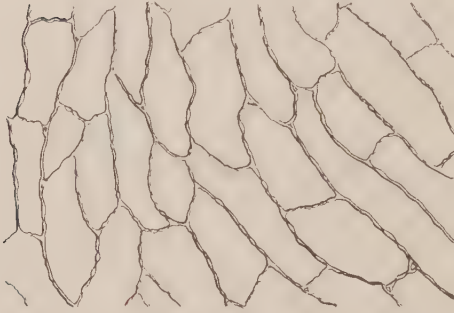


Fig. 68. — *Bombax buonopozense* PALIS. Vue superficielle de la cloison du fruit ($\times$. 150).

de cellules très allongées, étroites, ramifiées parfois, et disposées en files continues s'enchevêtrant et constituant un réseau dont les mailles sont autant de lacunes représentant un volume aussi important que celui des éléments cellulaires. Ce parenchyme est

parcouru par des faisceaux libéro-ligneux en arcs-de-cercle, en contact direct avec le tissu environnant.

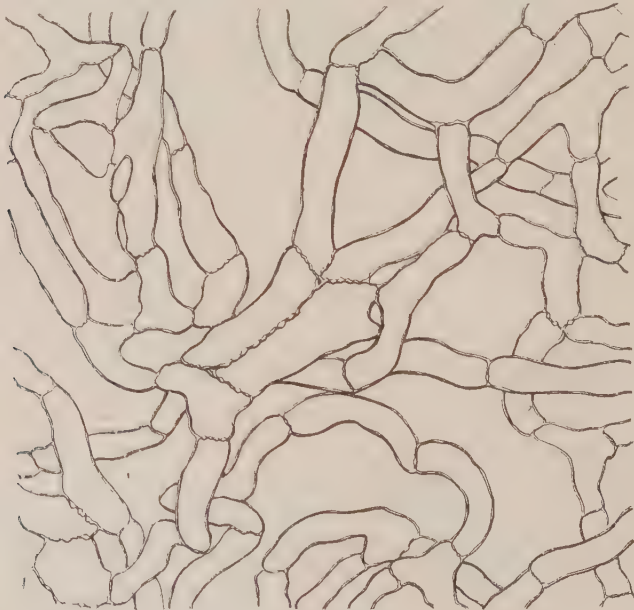


Fig. 69. — *Bombax buonopozense* PALIS. Portion de coupe transversale dans la colonne placentaire.

La colonne placentaire centrale, riche en tannin, présente une lacune axiale entourée d'un tissu plus dense que le tissu environnant, et à éléments plus petits, dans lequel on observe de l'oxalate de chaux que l'on ne rencontre par ailleurs que tout autour des faisceaux libéro-ligneux. La séparation des cinq placentas est indiquée par de simples bandes de tissu écrasé.

B. — Graine

1° MORPHOLOGIE EXTERNE. — La graine de *Bombax buonopozense* est à peu près la même que celle de *B. Ceiba*, quoique un peu plus grosse et avec une pointe un peu moins prononcée du côté du hile. De couleur brunc, elle diffère surtout de celle-ci par la rugosité de sa surface, qui est occasionnée par des plissements ondulés du tégument ; le raphé y est moins saillant que dans *B. Ceiba*, mais il est beaucoup plus apparent, à cause de sa coloration plus noire et, décrivant un parcours à peu près identique, il s'étale à son extrémité distale sous forme d'une petite tache arrondie, la chalaze.

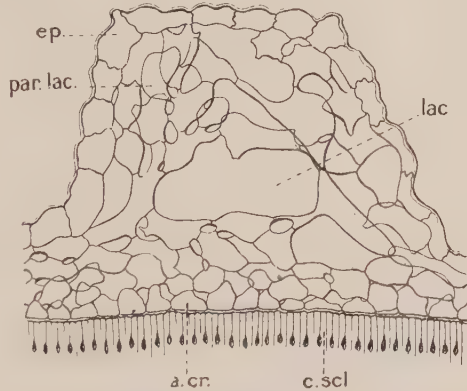


Fig. 70. — *Bombax buonopozense* PALIS. Graine : coupe transversale dans l'enveloppe externe du tégument ($\times$. 150). — *a. cr.*, assise cristalligène ; *c. scl.*, cellules scléreuses palissadiques ; *ep.*, épiderme ; *lac.*, lacune ; *par. lac.*, parenchyme lacuneux.

2° STRUCTURE ANATOMIQUE (fig. 70). — L'épiderme (*ep.*), revêtu d'une cuticule épaisse et lisse, est formé de cellules rectangulaires qui, observées de

face, ont une forme irrégulièrement polygonale et des cloisons plissées. Les stomates, difficiles à observer à cause même du plissement tégumentaire auquel l'épiderme prend part, ont un très grand ostiole.

Le tissu lacuneux sous-jacent est très développé (*par. lac.*), quoique d'épaisseur variable suivant les points considérés ; il est constitué par des cellules irrégulières, ovales en section transversale, réunies entre elles par des prolongements étroits qui limi-

tent des espaces lacunaires. En certains points, ces cellules, dont la membrane est lignifiée, constituent des proéminences qui soulèvent avec elles l'épiderme limitant, et déterminent les plissements extérieurs de la graine (fig. 70).

Vers l'intérieur, le tissu lacuneux est limité par une assise de

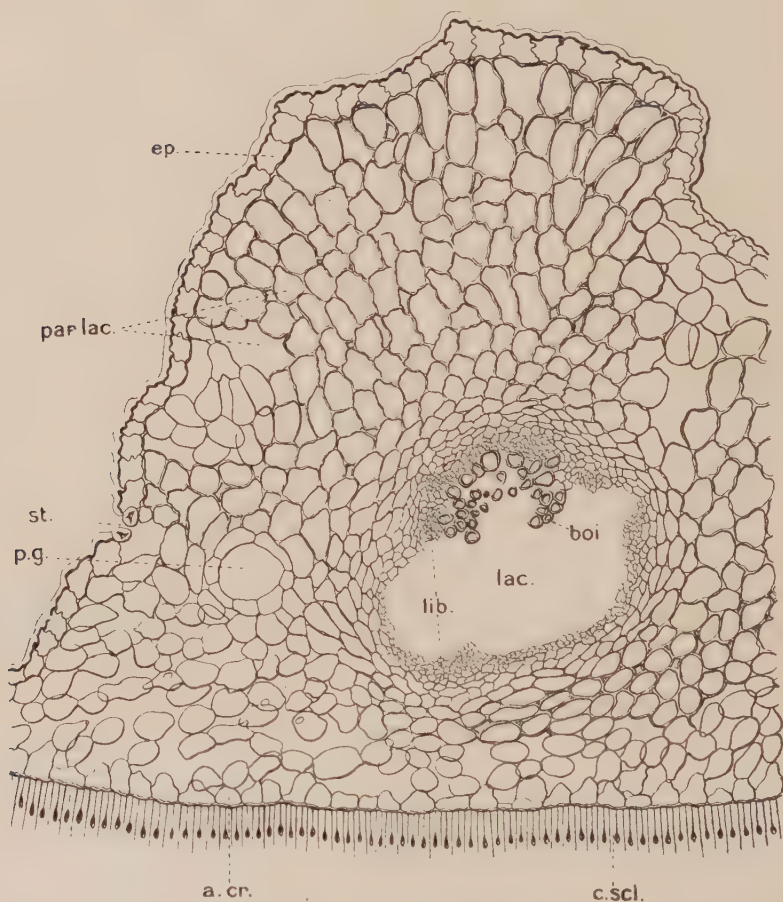


Fig. 71. — *Bombax buonopozense* PALIS. Graine : coupe transversale dans le raphé ($\times 150$). — *a. cr.*, assise cristalligène ; *boi.*, bois ; *c. scl.*, assise scléreuse palissadique ; *ep.*, épiderme ; *lac.*, lacune ; *lib.*, liber ; *par. lac.*, parenchyme lacuneux ; *p. g.*, poche à gomme ; *st.*, stomate.

cellules lignifiées, correspondant à l'assise cristalligène des Cotonniers (*a. cr.*) ; elle est formée de cellules polygonales et à membrane mince lorsqu'on l'observe de face, tandis que, sur les cou-

pes transversales, elles offrent des caractères différents de ceux que présentent les cellules de l'assise correspondante dans les graines précédemment étudiées : élargies à leur base, elles ne sont en contact latéralement que sur une petite hauteur, et se prolongent du côté du tissu lacuneux en une saillie plus ou moins prononcée et rétrécie dont l'extrémité est arrondie. Cette assise est dépourvue d'oxalate de chaux, comme le tissu lacuneux qu'elle délimite intérieurement.

Le raphé (fig. 71) que renferme cette première enveloppe, diffère de celui de *Bombax Ceiba* par la présence d'une vaste lacune au sein du liber. L'épiderme y possède une membrane extérieure épaissie et des cloisons radiales minces et plissées. Le tissu sous-jacent, dans lequel sont compris les vaisseaux nourriciers, est lacuneux dans toute son étendue, avec des cellules de même forme que dans le reste de l'enveloppe, mais renfermant aussi quelques amas de cellules à membrane épaissie ; enfin, il comprend aussi des poches à gomme arrondies, en nombre et à dispositions variables.

Le bois, réduit à quelques vaisseaux seulement, n'a pas un développement aussi important que dans la graine de *B. Ceiba*. Quant à la lacune libérienne, dont la position par rapport au bois central est variable, elle devient sous-jacente au cylindre libéro-ligneux au point où celui-ci va se ramifier, et se confond finalement dans les lacunes du tissu environnant.

Telle est la structure de la première enveloppe du tégument, Quant à l'assise de cellules palissadiques, qui représente la deuxième enveloppe, elle n'offre rien de particulier. Il n'en est pas de même pour la troisième enveloppe, dont le parenchyme lacuneux est formé, vers l'extérieur, de petites cellules à membrane épaisse, alors que, vers l'intérieur, les éléments cellulaires sont très grands, allongés tangentiellement et avec des membranes minces et délicates.

Je passe sous silence les autres parties de la graine dont la structure se confond point par point avec celle de la graine du *Bombax Ceiba*. Ici encore, j'ai pu observer à la surface inférieure des cotylédons, l'existence de poils courts, arrondis à leur extrémité distale et formés par une succession radiaire de deux ou trois cellules. Les cotylédons renferment de petits cristaux étoilés d'oxalate de chaux.

C. — Différences entre la structure du fruit de « *Bombax Ceiba* » L. et celle du fruit de « *B. buonopozense* » PALIS.

Il résulte donc que, malgré de nombreux caractères communs, le fruit du *Bombax buonopozense* diffère de celui de *B. Ceiba*, par les caractères suivants :

1° Par la présence de poils unicellulaires réunis en touffe à la surface du pédoncule ;

2° Par l'absence de poils glanduleux à la surface du fruit proprement dit ;

3° Par l'absence d'oxalate de chaux dans le parenchyme externe du mésocarpe ;

4° Par la morphologie externe et interne du placenta qui ne se divise pas dans le fruit et forme une colonne très développée, à structure spongieuse, portant des cloisons d'une minceur extrême ;

5° Par les plissements très accentués de la première enveloppe du tégument de la graine ;

6° Par la présence d'une grande lacune sur toute la longueur du cylindre libéro-ligneux de la nervure tégumentaire, et dans la portion non ramifiée ;

7° Par la forme des cellules de l'assise profonde de la première enveloppe tégumentaire (assise cristalligène) et l'absence de cristaux d'oxalate de chaux dans cette assise ;

8° Par la structure particulière de la troisième enveloppe tégumentaire, qui n'est pas homogène dans toute son épaisseur ;

Et 9° par la présence de poils à la face inférieure des cotylédons, dont je n'ai pu constater l'existence chez *Bombax Ceiba*.

III. — Fruit et graine d'*Ochroma lagopus* Swartz

L'*Ochroma lagopus* Sw. est actuellement la seule espèce connue du genre *Ochroma* Sw., qui, ainsi que je l'ai indiqué au début de ce travail, et d'après la classification d'ENGLER et PRANTL, appartient à la tribu des Matisiées, dans la famille des Bombacées. Cette espèce est enore un kapokier de grande taille, habitant les Antilles et les parties les plus chaudes de l'Amérique du Sud.

A. — Fruit

1° MORPHOLOGIE EXTERNE. — Le fruit de l'*Ochroma lagopus* (fig. 72), ne ressemble en rien à ceux des arbres de la même famille précédemment étudiés, au moins quant à sa forme.

Très allongé (20 à 25 centimètres de longueur) et très étroit (2 à 2 centimètres et demi de largeur), il est porté par un pédoncule assez épais et très long. Sa surface présente des reliefs longitudinaux et symétriques. À maturité, la déhiscence, locuicide, subdivise la paroi du fruit en cinq valves, à travers l'intervalle desquelles s'échappe un coton brunâtre qui s'étale à leur surface et la masque, donnant au fruit l'aspect d'une patte de lièvre, que rappelle le nom spécifique. Les valves, de dimensions à peu près égales, portent chacune sur leur face interne et dans une situation médiane, une cloison longitudinale, mince, mais très dure, dont le bord placentaire libre est plus épais. Le fruit se trouve donc subdivisé en cinq loges, de la paroi interne desquelles se séparent de minces lames, jaunes, à reflets brillants, transparentes et parcheminées, devenant libres dans la loge, et dont la partie qui correspondait à la paroi externe du fruit, porte fixée à sa surface, une masse colonneuse, en brosse, tandis que la partie qui correspondait à la cloison est absolument glabre. Dans cette bourre, sont emprisonnées de nombreuses petites graines oblongues de couleur noirâtre, ayant 2 millimètres de largeur et 3 millimètres et demi de longueur en moyenne ; elles ont une extrémité pointue et leur surface est rugueuse.



Fig. 72. — *Ochroma lagopus* sw. Fruit : aspect général (X. 1/2).

2° STRUCTURE ANATOMIQUE (fig. 73). — Indépendamment des reliefs longitudinaux, régulièrement distribués, que présente la surface du fruit, les coupes transversales dans les valves montrent encore sous le microscope une surface fortement plissée.

L'épiderme ou épicarpe, revêtu par une cuticule épaisse et striée, porte à la fois des poils glanduleux et des poils unicellulaires

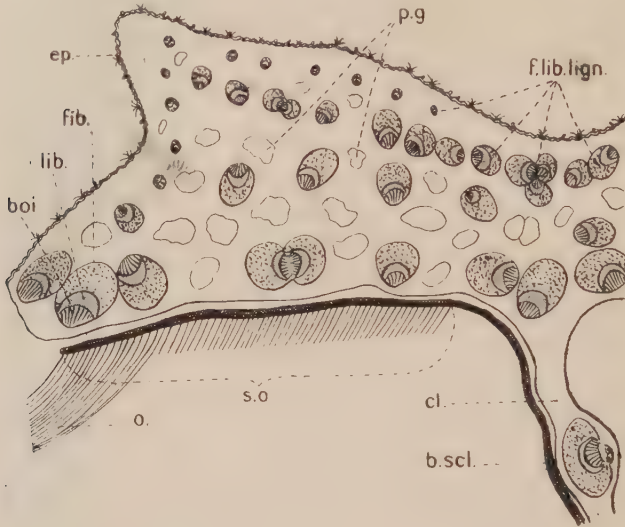


Fig. 73. — *Ochroma lagopus* sw. Fruit : portion de coupe transversale dans le péricarpe (schéma). — *boi.*, bois ; *b. scl.*, bande scléreuse se détachant des parois internes du fruit ; *cl.*, cloison ; *ep.*, épiderme pilifère ; *fib.*, fibres ; *f. lib. lign.*, faisceaux libéro-ligneux ; *o.*, ouate ou kapok ; *p. g.*, poches à gomme ; *s. o.*, surface productrice de la ouate.

relativement courts ; ceux-ci réunis en touffes abondantes, possèdent une membrane très épaissie qui, parfois, rend le lumen presque linéaire. Les stomates ont aussi une membrane très épaissie et l'ostiole est des plus étroits.

Le mésocarpe, légèrement collenchymateux vers l'extérieur, est traversé par un grand nombre de faisceaux libéro-ligneux, disposés en séries concentriques, petits extérieurement et très développés vers l'intérieur du fruit. Ces faisceaux sont également caractérisés par le grand développement des fibres qui entourent le liber en arc-de-cercle. Les poches à gomme, irrégulièrement distri-

buées, y sont très grandes et très nombreuses. Intérieurement, le mésocarpe a son parenchyme formé de cellules allongées tangentiellement et légèrement écrasées, et limité par une bande de cellules scléreuses, épaississant les parois des loges du fruit. Ces dernières cellules, formant deux ou trois assises, sont très fortement sclérifiées, de manière que la cavité cellulaire est à peu près virtuelle, et leur tissu est très cassant.

La plus interne de ces assises, qui représente l'endocarpe, possède des stomates arrondis sur toute sa surface, et des cellules prolongées en forme de poils dans toute la partie de l'assise qui correspond à la paroi externe du fruit.

C'est la bande scléreuse méso-endocarpienne qui, à la maturité, se détache des parois des différentes loges, portant avec elle le coton formé par les poils de la couche cellulaire superficielle. Après cette séparation, les cloisons ne comprennent plus que de gros faisceaux libéro-ligneux formant saillie et entourés d'une mince couche de parenchyme.

B. — Graine

Elle présente les mêmes enveloppes que les autres graines de Bombacées déjà étudiées. L'enveloppe externe, lacuneuse et riche en oxalate de chaux, renferme quelques vaisseaux nourriciers venant du hile, protégés par des sclérites ramifiés.

L'albumen est abondant ; les cotylédons, appliqués l'un contre l'autre, sont simplement recourbés sur leurs bords, de manière que leur section transversale se présente avec le dessin de la lettre S ; ils occupent la région médio-sagittale de la graine qui se montre très riche en corps gras et en grains d'aleurone.

C. — Caractères différentiels du fruit d'« *Ochroma lagopus* » PALIS par rapport aux fruits des genres « *Ceiba* » et « *Bombax* »

Le fruit de l'*Ochroma lagopus* se distingue des autres fruits de Bombacées étudiés, par les caractères suivants qui lui appartiennent :

1° Fruit de couleur noirâtre, très allongé et de petit diamètre. porté par un pédoncule épais ; surface du fruit ornementée de cannelures profondes, longitudinales et symétriquement distribuées ;

2° Chaque valve porte à sa face interne, une cloison médio-longitudinale, très mince, mais très ligneuse.

3° L'épicarpe porte des poils glanduleux et des poils unicellulaires en touffes ;

4° Le mésocarpe est entièrement parenchymateux et comprend un grand nombre de poches à gomme, en même temps que des faisceaux libéro-ligneux très développés ;

5° De la partie interne du fruit se détachent des plaques écailleuses et transparentes, formées de sclérites et portant des poils jaunes, courts et dressés ;

6° Graine très petite avec un albumen très développé.

CHAPITRE III

AFFINITÉS ANATOMIQUES DES BOMBACÉES

Dans son étude comparée de l'anatomie des Malvacées, Bombacées, Tiliacées et Sterculiacées, DUMONT (1) a mis en relief les affinités nombreuses que présentaient ces différentes familles, au point de vue de la structure générale des différents organes, à l'exception de la fleur et du fruit dont cet auteur ne s'est pas occupé. Cette homogénéité anatomique avait été déjà signalée par VAN TIEGHEM (2) qui avait défini le type Malvacée par les deux caractères suivants : 1° la stratification du liber secondaire ; 2° la production de gomme ou de mucilage, s'effectuant par des processus divers. A ces caractères, DUMONT a ajouté des caractères d'ordre secondaire, tirés de l'abondance de l'oxalate de chaux, des formations épidermiques, de la marche des faisceaux dans le pétiole, etc., etc., et il a pu considérer les quatre groupes précédents comme réunis en une seule famille, la famille des Malvacées, dans laquelle ils constituent quatre subdivisions bien naturelles ou tribus, se subdivisant elles-mêmes en sous-tribus.

En ce qui regarde la tribu des Bombacées dans laquelle se trouvent réunies les trois sous-tribus des Adansoniées, Quararibées, et Duriées, dont DUMONT a étudié plusieurs espèces, j'ai pu, par mon étude de *Ceiba pentandra*, observer quelques caractères qui ont échappé à la sagacité de cet auteur, et qui contribuent à rendre plus étroites encore les relations des Bombacées avec les autres tribus des Malvacées.

(1) A. DUMONT. — Recherches sur l'anatomie comparée des Malvacées... *Ann. des Sc. Nat. Botanique*, 7^e sér., vol. 6, 1887.

(2) VAN TIEGHEM: — Second mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes... *Ann. des Sc. Nat. Botanique*, 7^e sér., vol. 1, 1885, p. 75.

1° Au sujet de l'*Eriodendron* et des Adansoniées en général, DUMONT (p. 169), avance que « l'épiderme ne porte jamais de poils » ; or, cette assertion est contraire à mes observations.

En particulier dans *Ceiba pentandra* (= *Eriodendron anfractuosum*), l'épiderme porte toujours des poils glanduleux, plus ou moins allongés ou renflés en massue; il est vrai que ces poils sont caduques et qu'on ne les rencontre très facilement que sur des organes jeunes (voir p. 79). Il en est de même chez *Bombax buonopozense*, où l'épiderme du pédoncule du fruit porte des poils unicellulaires réunis en touffe (voir p. 106), et qui sans doute existent sur d'autres parties de la plante ; ils existent, en effet, à la surface des cotylédons et par suite il est permis de supposer que la surface épidermique de la plante en est généralement pourvue. Dans tous les cas, on ne peut dire que l'épiderme ne porte pas de poils.

Ces poils, glanduleux ou unicellulaires, sont analogues aux productions épidermiques des Malvées.

2° Toujours à propos des Adansoniées, DUMONT (p. 173) différencie les *Eriodendron* et les *Bombax* des autres genres de la sous-tribu des Adansoniées, par le périoderme qui ferait défaut chez les premiers, mais qui se différencierait de bonne heure chez les derniers. Or, en ce qui concerne l'*Eriodendron* ou *Ceiba pentandra* tout au moins, puisque c'est la seule espèce qu'il m'a été permis d'étudier d'une façon assez complète, je peux affirmer l'existence d'un périoderme. Dans les tiges jeunes (voir p. 28), ce dernier apparaît de très bonne heure et il est sous-épidermique (1) ; dans les rameaux, son apparition peut être tardive, surtout si l'arbre pousse dans un milieu favorable : la surface de l'écorce est verte et lisse, et l'épiderme se prête longtemps aux poussées corticales. C'est ainsi que sur des fragments de branches d'*Eriodendron*, provenant d'Hanoï et mesurant 5 centimètres de diamètre environ, je n'ai pas observé de périoderme ; tandis que sur de jeunes rameaux mesurant à peine 8 millimètres de diamètre, mais pourvus d'aiguillons et provenant du Sénégal, j'ai

(1) Il n'est pas rare dans de telles tiges de voir l'oxalate de chaux, qui peut se trouver localisé dans l'assise sous-épidermique ou dans les assises plus profondes de l'écorce, obliger le périoderme à prendre naissance dans l'épiderme lui-même, ou bien à s'enfoncer plus ou moins vers l'intérieur de la tige.

trouvé un périoderme fonctionnant par places et non d'une façon continue tout autour de la tige.

La présence, donc, d'un épiderme dans Ceiba pentandra (et il y a lieu de supposer qu'il existe dans les *Bombax*) *rend encore plus homogène la sous-tribu des Adansoniées.*

3° D'autre part, le mode de passage des faisceaux du pétiole dans le limbe, tel que DUMONT (p. 144) l'a décrit chez *Malva*, est analogue à celui que j'ai décrit moi-même dans la feuille de *Ceiba pentandra* (voir p. 48). Dans ces deux genres, dès leur sortie du pétiole, les faisceaux, d'abord très éloignés, se rapprochent en formant un arc continu ; de plus, dans les deux cas, la membrane des éléments fibreux perd sa lignine pour s'en montrer de nouveau imprégnée au moment où les faisceaux s'épanouissent dans le limbe.

Il y a donc à cet égard une affinité nouvelle entre les Malvées et les Ceiba, tout au moins, parmi les Adansoniées.

4° Le pétiole de *Ceiba* fournit aussi un nouveau caractère d'affinité entre les Bombacées d'une part, les Tiliacées et les Sterculiacées d'autre part.

Dans l'étude des faisceaux pétiolaires, de la plupart des plantes de la sous-tribu des Duriées (Bombacées) et des tribus des Tiliacées et des Sterculiacées, DUMONT a signalé la formation d'un certain nombre de faisceaux bicollatéraux médullaires, aux dépens des faisceaux normaux qui les entourent. Dans les Bombacées, dit-il, la disposition des faisceaux reste toujours la même et les Duriées forment une exception.

Il n'en est rien, tout au moins dans *Ceiba pentandra* où, dans l'étude du passage des faisceaux du pétiole dans les folioles (voir p. 51, fig. 28, D), j'ai déjà montré qu'à une certaine distance de l'extrémité libre du pétiole, le liber et le bois s'enfonçaient dans la moelle pour y former un certain nombre de faisceaux diversement orientés, mais pour la plupart bicollatéraux. Dans *Ceiba*, comme dans le genre *Tilia*, la formation des faisceaux bicollatéraux a lieu tout près du limbe.

Les Duriées ne constituent donc pas une exception. Les faisceaux bicollatéraux existent aussi chez Ceiba, et sans doute chez toutes les Bombacées, fournissant une nouvelle affinité entre les Bombacées, les Tiliacées et les Sterculiacées.

Enfin, de mon étude des fruits (et de leur contenu) de *Ceiba*

pentandra, *Bombax Ceiba*, *B. buonopozense* et *Ochroma lagopus*, on peut encore tirer quelques caractères permettant de rapprocher encore davantage le groupe des Bombacées des tribus voisines.

Le fruit de l'*Ochroma* présente, en effet, quelques analogies avec le fruit des Cotonniers (*Gossypium*), parmi les Hibiscées. Dans les deux, les valves portent sur leur face interne et dans une situation médio-longitudinale, une cloison mince et coriace à bord placentaire plus épais ; l'épicarpe y porte également des poils glanduleux renflés en massue ; le mésocarpe parenchymateux est dans les deux genres pourvu de poches à gomme ; enfin, dans les deux aussi, les assises les plus internes du péricarpe sont formées de sclérites allongés constituant une lame mince qui, dans l'*Ochroma* seulement, se sépare des parois sus-jacentes et porte des poils.

La graine des *Gossypium* offre aussi les plus grandes ressemblances avec celle de *Ceiba* ou des *Bombax*, en tant que structure interne. Les différences entre la graine du Cotonnier et celle du kapok, telles qu'elles ont été établies par PERROT et COLLIN (1), deviendront moins importantes, lorsque, contrairement à leurs observations, j'aurai rappelé que, dans la graine de kapok à maturité complète :

1° Les cellules épidermiques tendent à épaissir leur membrane et à former des sclérites apparaissant en n'importe quel point de la surface du tégument. (Dans le *Bombax Ceiba*, les sclérites qui se différencient dans l'épiderme de la nervure montrent une tendance à proéminer à l'extérieur.)

2° L'assise cristalligène, vue de face, est identique à celle du *Gossypium*. Les épaississements collenchymateux, signalés par les mêmes auteurs, ne sont que transitoires et disparaissent pour faire place à une membrane uniformément épaissie et lignifiée. Dans *Bombax Ceiba* cette assise, de même structure que celle du Cotonnier, possède comme cette dernière de nombreux cristaux d'oxalate de chaux.

3° Les cotylédons portent, dans toutes les graines de *Ceiba pen-*

(1) COLLIN (Eug.) et PERROT (Em.). — Les résidus industriels..... Paris, 1904.

tandra que j'ai étudiées et qui étaient de provenances diverses, des poils pluricellulaires sur leur face inférieure.

Il résulte donc que la graine de kapok ne diffère de la graine du Cotonnier que par l'absence : 1° de poils cotonneux épidermiques ; 2° de poches sécrétrices dans les cotylédons, que possèdent les graines de *Gossypium*.

En résumé, les divers organes des différentes espèces d'Adansoniées qu'il m'a été possible d'étudier, montrent que les affinités de cette tribu avec les tribus voisines ne peuvent être plus étroites.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES PRODUITS FOURNIS PAR QUELQUES BOMBACÉES

CHAPITRE PREMIER

MORPHOLOGIE DU KAPOK

On désigne sous le nom de *kapok*, la masse cotonneuse que renferment les fruits de plusieurs espèces de la famille des Bombacées, et plus particulièrement des espèces des genres *Bombax*, *Chorisia*, *Ceiba* et *Ochroma*. C'est sous cette dénomination, en effet, que les Javanais, qui ont été les premiers à en tirer un bénéfice commercial, désignent la bourre soyeuse produite par les fruits de *Ceiba pentandra* (*Eriodendron anfractuosum*). Le kapok est encore bien connu en France sous les noms d'*ouate végétale*, de *faux-coton*, d'*édredon végétal*, etc. ; les Anglais le désignent sous les vocables de *vegetable floss*, etc., tandis que les Allemands l'appellent *pflanzendunen*, *baumwollembaum*, etc.

Le kapok est très anciennement connu, et STRABON rapporte que les guerriers d'Alexandre le Grand, à leur retour des Indes, annoncèrent l'existence dans ces régions de grands arbres producteurs d'une laine qui était impropre au tissage, mais utilisable dans la confections d'objets de couchage. Mais ce n'est que depuis quelques années seulement que l'utilisation du kapok s'est répandue en dehors des limites des lieux de production, et que de nombreux essais ont été tentés en vue d'accroître les usages auxquels le kapok pourrait être employé. Malgré que ces essais

n'aient pas été toujours couronnés de succès, le kapok a une place assez bien marquée aujourd'hui sur les grands marchés européens, et la culture des kapokiers s'est étendue au-delà de l'archipel malaisien, où elle était d'abord cantonnée.

On distingue, dans le commerce, deux sortes principales de kapok : celui fourni par le *Ceiba pentandra*, cultivé à Java, où il est plus particulièrement exploité, et celui produit par le *Bombax Ceiba* des Indes Orientales, soit à l'état sauvage, soit à l'état cultivé, et avec lequel se trouve souvent confondu celui fourni par d'autres espèces de même genre, habitant les mêmes régions (*B. buonopozense*, *B. cambodgiense* et *B. anceps*). Le kapok de l'*Ochroma lagopus* se trouve aussi dans le commerce, mais beaucoup moins apprécié que les précédents et rangé fréquemment avec la soie végétale que produit le tégument de la graine d'un certain nombre d'Asclépiadacées, d'Apocynacées et de Bixacées (1). Cependant, le kapok diffère de la soie végétale, non seulement en ce qu'il n'est dans aucun cas le produit du tégument séminal, mais encore par des caractères tirés de sa structure anatomique et de ses propriétés physiques, dont il me reste maintenant à faire l'étude, et dans tous les cas, le kapok est un produit absolument spécial à la famille des Bombacées.

I. — Kapok du *Ceiba pentandra*

1^o KAPOK NATURELLEMENT LIBRE :

Le kapok, qui se sépare naturellement des parois du fruit lui ayant donné naissance, est de couleur variable selon la provenance : généralement brun clair dans les fruits du Sénégal, généralement blanchâtre dans ceux de l'Indo-Chine. Examiné à sa sortie du fruit, il se présente sous forme de mèches ondulées et à reflets brillants, qui, examinées au microscope, sont composées

(1) EM. PERROT. (*Les produits utiles des Bombax...* p. 32) signale les poils des *Calotropis procera* R. Br., *C. gigantea* R. Br. parmi les Asclépiadacées, du *Beaumontia grandiflora* de la famille des Apocynacées et du *Cochlospermum Gossypium* parmi les Bixacées. M. PLANCHON a trouvé aussi dans le pavillon de l'Afrique occidentale à l'Exposition coloniale de Marseille (1906), des poils de *Kikxia africana* (Apocynacée) sous l'étiquette d'« ouate végétale ».

de poils enchevêtrés, mais le plus souvent disposés côte à côte sur une assez grande longueur. Ces poils, qui mesurent de 20 à 35 millimètres, sont généralement isolés les uns des autres, mais parfois aussi réunis à leur extrémité basilaire par quelques cellules parenchymateuses et formant de tout petits pinceaux. Unicellulaires, à membrane mince et fortement cutinisée, mesurant en moyenne $2\mu 2$ d'épaisseur (1), ondulés et à surface régulière, les poils (fig. 74, B), à peu près régulièrement cylindriques sur la plus grande partie de leur longueur et avec un diamètre de 15 à 20 μ , se terminent à leur extrémité libre en pointe émoussée ; à l'extrémité basilaire, le diamètre s'élargit, le poil se coude légèrement et se termine en cul-de-sac, présentant dans la membrane des épaississements qui constituent des sortes d'annelures faisant saillie dans la cavité et s'étendant sur une certaine longueur. Le développement et l'étendue des épaississements sont très variables, même dans les poils d'un même fruit : ils peuvent manquer, être peu accusés, ou former des dessins variés s'étendant sur une hauteur plus ou moins grande ; en règle générale, cependant, les annelures sont très marquées dans le kapok indo-chinois, où elles sont peu nombreuses, tandis qu'elles sont moins saillantes dans le kapok du Sénégal (fig. 74, C), où elles sont au contraire beaucoup plus nombreuses et occupent une plus grande hauteur au-dessus de la base du poil.

Les poils du *Ceiba pentandra* sont très rarement ramifiés ; cependant, j'en ai observé quelques-uns qui étaient nettement bifurqués vers le milieu de leur longueur (fig. 74, B), sans cloisons au niveau de la bifurcation et par conséquent unicellulaires.

La plupart des poils montrent dans leur cavité une substance de couleur jaune, jaunâtre, brun jaunâtre ou même brun foncé, le plus souvent localisée aux deux extrémités et rarement dans les parties moyennes où elle forme des masses amorphes. Cette substance est un corps gras (probablement une cire) dont il ne m'a pas été possible de déterminer la nature chimique.

(1) EM. PERROT (*Les produits utiles des Bombax*..... p. 34) indique une épaisseur de 5-6 millièmes de millimètre pour la membrane et un diamètre de 25-30 millièmes de millimètre en moyenne pour la cavité du poil. Ces dimensions sont certainement exagérées.

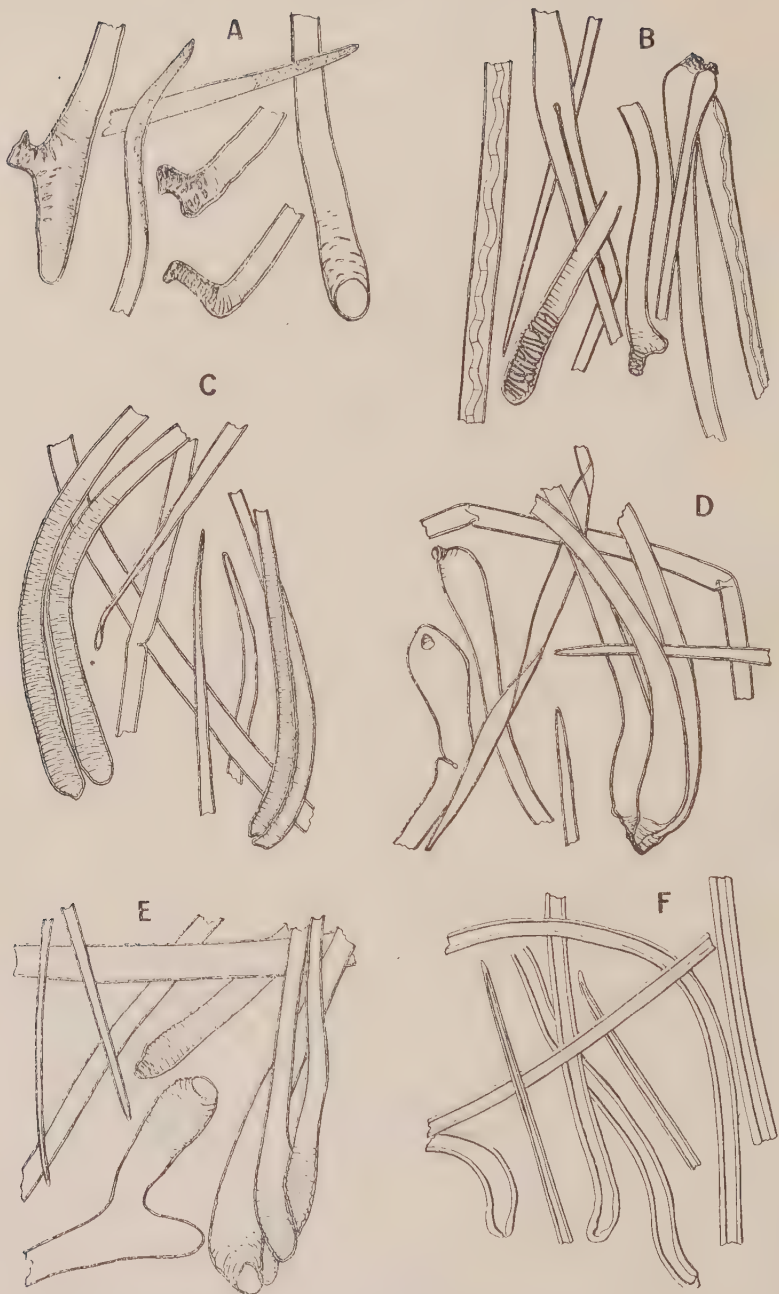


Fig. 74. — Structure des poils de divers kapoks ($\times 150$).

- A. Kapok de *Ceiba pentandra* (L.), fixé aux cloisons : 4 parties basales de poils et deux extrémités distales, celles-ci remplies d'une substance amorphe, jaunâtre.
 B. Kapok de *Ceiba pentandra* (L.) mis en liberté naturellement (Indo-Chine) ; deux des parties de poils représentées portent extérieurement un mycélium cloisonné, parasite ; une autre partie de poil présente une bifurcation.
 C. Kapok de *Ceiba pentandra* (L.), provenant du Sénégal.
 D. Kapok de *Bombax ceiba* L.
 E. — *Bombax buonopozense* PALIS.
 F. — *Ochroma lagopus* SW.

Dans un kapok acheté à Marseille (1) (fig. 74, B), provenant sans doute de l'Indo-Chine, à en juger par la coloration, j'ai pu constater que certaines mèches, qui étaient plus fortement colorées en brun, devaient cet excès de coloration à la présence d'un mycélium ectoparasite. Ce mycélium, qui accompagnait les poils sur une assez grande longueur, était de couleur brune et présentait de distance en distance des cloisonnements ; cultivé sur pomme de terre, il m'a fourni un appareil végétatif rappelant celui du groupe des *Dématiées*, mais pas de fructifications. La présence de ce champignon ne peut être expliquée que par les mauvais procédés de récolte ou de conservation du kapok, et je l'ai d'ailleurs rencontré sur le kapok de plusieurs fruits qui m'avaient été expédiés d'Indo-Chine incomplètement desséchés.

2° KAPOK FIXÉ SUR LES CLOISONS DU FRUIT. — J'ai eu, plusieurs fois déjà, l'occasion d'indiquer qu'après la déhiscence du fruit, une partie du coton formé aux dépens de l'endocarpe était retenue par les cloisons à la surface desquelles les poils continuent à adhérer. Ces poils, qu'il est facile de détacher, et mesurant à peine 5 à 10 millimètres de longueur, se séparent généralement de la cloison par petits groupes, où ils sont réunis par le parenchyme qui les portait. Ils ne diffèrent du kapok mis naturellement en liberté que par leur longueur beaucoup plus réduite et la morphologie de leur partie basilaire (fig. 74, A). Celle-ci est fixée par une sorte de pédoncule rétréci, cylindro-conique, au-dessus duquel le poil s'infléchit dans une direction oblique par rapport à la surface de la cloison, produisant sur la convexité de la courbure une protubérance en cul-de-sac, plus ou moins accentuée, et qui, exceptionnellement, est tellement accentuée qu'elle simule une sorte de ramification du poil. Enfin, le pédoncule de cette partie basilaire peut s'insérer par une extrémité arrondie, simulant une tête de fémur dont la protubérance serait le trochanter.

(1) Je dois ce kapok à l'obligeance de M. HECKEL, le distingué directeur de l'Institut colonial de Marseille.

II. — Kapok du *Bombax Ceiba* L. et du *B. buonopozense* PAL.

Le kapok de *Bombax Ceiba* diffère de celui de *Ceiba pentandra* à plusieurs égards. Blanc ou légèrement jaunâtre, il a un aspect soyeux avec des reflets brillants. A sa sortie du fruit, il est groupé en mèches ondulées, et les poils qui le composent sont ou isolés ou réunis par leur extrémité basilaire en groupes de 2, 3, 4 ou davantage. La membrane des poils de *Bombax Ceiba* est moins cutinisée et par suite d'une fragilité plus grande que celle des poils de *Ceiba pentandra*, quoique d'une épaisseur à peu près égale. Dans sa partie moyenne, le poil mesure environ $20\ \mu$ de diamètre ; il s'élargit vers la base, dont le diamètre est de $33\ \mu$ en moyenne ; la base du poil est en effet renflée en massue (fig. 74, D) et porte, soit latéralement, soit au sommet même du renflement, une partie tubulaire étroite et courte, qui est le pédoncule d'insertion. Celui-ci présente seul des épaisissements linéaires de la membrane, tandis que la partie renflée n'en présente que tout à fait exceptionnellement et encore fort peu accusés. Quant à l'extrémité distale, elle est plus obtuse que dans les poils de *Ceiba pentandra*. D'autre part, la substance grasse, qui dans cette dernière espèce occupe n'importe quel point de la cavité du poil, fait souvent défaut dans le kapok de *Bombax Ceiba*, et lorsqu'elle existe, elle est uniquement localisée à la base du poil : c'est à cette réduction de la substance grasse que le kapok de *B. Ceiba* doit sa coloration blanche ou à peine jaunâtre.

Le *Bombax buonopozense* fournit un kapok (fig. 74, E) en tous points semblable à celui de *B. Ceiba*, mais avec des épaisissements de la membrane plus fréquents dans la partie basilaire du poil ; je signalerai, toutefois, comme une exception très rare, l'existence de poils présentant un renflement latéral sub-basilaire, comparable à celui des poils des cloisons de *Ceiba pentandra*.

III. — Kapok de l'*Ochroma lagopus* sw.

La bourre soyeuse du fruit de l'*Ochroma lagopus*, ainsi que je l'ai déjà dit, ne doit et ne peut être confondue avec la soie végétale produite par les graines de certaines Asclépiadacées, Apocy-

nacées et Bixacées. D'une couleur jaune de chrome foncée, à laquelle est dû le nom générique, les poils de l'*Ochroma lagopus* (fig. 74, F) mesurent environ de 15 à 20 millimètres de longueur ; cylindriques, ils ont un diamètre moyen de $16\ \mu$ et très rarement atteignant un maximum de $25\ \mu$; leur membrane, fortement cutinisée, est très épaisse, d'autant plus épaisse même que le diamètre du poil est plus petit, variant entre 4 et $5\ \mu$, dimension qui représente quelquefois le diamètre du lumen. A l'extrémité basilaire, les poils, qui peuvent être légèrement incurvés à ce niveau, montrent un épaississement encore plus important de la membrane, mais sans ornementation, et s'insèrent par une extrémité arrondie. La cavité du poil renferme encore ici une substance grasse, jaunâtre, qui s'écoule, au sein des liquides dissolvants, par l'extrémité basilaire, quand celle-ci est accidentellement rompue ; il est probable que cette substance occupe toute la cavité cellulaire et contribue à donner au poil sa coloration spéciale, car, dans le microscope, cette cavité paraît renfermer un contenu homogène sur toute sa longueur.

IV. — Tableau résumant les caractères distinctifs des kapoks entre eux.

	CEIBA PENTANDRA (L.)	BOMBAX CEIBA L. et BOMBAX BUONOPOL- ZENSE PALIS.	OCHROMA LAGOPUS SW.
Coloration. . . .	Brun clair ou blanc sale.	Blanc.	Jaune foncé.
Longueur. . . .	20-35 m/m.	20-35 m/m	15-20 m/m.
Membrane. . . .	Mince, fortement cutinisée.	Mince, légèrement cutinisée.	Très épaisse.
Partie basilaire.	Avec un renflement latéral plus ou moins accentué.	Simplement renflée en massue.	De même diamètre que le reste du poil ; pas de renflement.
Reliefs.	Très accentués sur une certaine longueur, rayés ou ponctués.	Rarement marqués et le plus souvent n'existant que sur le pédoncule d'insertion.	N'en possède pas.
Ouverture basilaire.	Généralement fermée.	Le plus souvent ouverte.	Fermée ou très réduite.

CHAPITRE II

PRODUCTION, CULTURE ET RÉCOLTE DU KAPOK

L'île de Java fournit la plus grande partie du kapok que l'on rencontre dans le commerce ; la presque totalité en est importée en Hollande, où elle est distribuée sur les marchés d'Amsterdam et de Rotterdam, dans des balles de 33 kilogrammes. L'importation, toujours croissante, s'est élevée en 1901 à 1.137.853 kilogrammes, représentant une valeur d'environ 2 millions de francs. « Il a été importé en outre 423 balles de kapok brut (non égrené) de 80 kilos, représentant une quantité de 33.840 kilos. Il y avait, au 31 décembre 1900, un stock de 4.544 balles. Les ventes, au cours de 1901, se sont élevées à 35.615 balles, et il restait à la fin de cette même année, un stock de 9.000 balles. En 1899, les ventes avaient atteint 40.150 balles, et, en 1900, le chiffre à peu près identique de 40.100 balles. Les prix suivant qualité, en 1901, à Amsterdam, ont été les suivants (1) :

	QUALITÉ	PRIX DU KILO.
<i>Kapok égrené</i>	Extra	de 1 fr. 68 à 1 fr. 72
	Bon	de 1 fr. 55 à 1 fr. 60
	2 ^{me} qualité	de 1 fr. 26 à 1 fr. 32
<i>Kapok non égrené</i>	Bon	de 0 fr. 50 à 0 fr. 52
	Ordinaire	de 0 fr. 37 à 0 fr. 42

La culture du *Ceiba pentandra* a pris une grande extension à Java, où existent des exploitations dans lesquelles le kapok est récolté tantôt comme produit accessoire mais important, tantôt

(1) D'après le *Bulletin économique* publié par la Direction de l'Agriculture et du Commerce près le gouvernement général de l'Indo-Chine, 1903, p. 132.

même comme produit principal. Ce kapokier se multiplie facilement par semis ou par boutures, et sa croissance est très rapide. Il peut atteindre 2 mètres de hauteur la première année, 4 à 5 mètres la deuxième année, où il commence à porter des fruits.

« On récolte le kapok en ramassant simplement les fruits mûrs tombés sur le sol, mais depuis quelque temps on procède aussi à la cueillette des fruits au moyen de longues perches de bambou terminées par un crochet. La récolte s'élève par arbre et par an à plus de 300 capsules, et un sujet de quatre ans, en Cochinchine, en donnerait environ une centaine qui rendraient 780 grammes d'ouate, exempte de toute matière étrangère. La bourre est retirée des fruits avec les graines par les femmes et les enfants et séchée au soleil sur des aires cimentées recouvertes de grillages pour éviter que le vent n'emporte la marchandise.

» On procède ensuite à l'égrenage. Il existe des égreneuses à kapok, mais il nous a paru qu'aucune ne mérite jusqu'alors de mention spéciale. Il importe que les fabricants se rendent bien compte que cette opération, malgré l'analogie avec le coton, nécessite des appareils un peu différents, car les graines sont lisses, et en aucun cas adhérentes à la bourre ; c'est plutôt une trieuse qu'une égreneuse qui semble nécessaire (D^r PERROT) (1). »

A Java, « l'égrenage s'opère au moyen de petits moulins en fer, mus à bras et pouvant donner chacun deux piculs de marchandise nettoyée par journée de travail (à 61 kil. 220 le picul). A chaque moulin sont employées quatre femmes pour recevoir la marchandise, remplir les sacs et les porter à la presse... Quelques constructeurs européens ont entrepris la fabrication de machines perfectionnées pour égrenier le kapok (2). » Suivent les adresses des constructeurs.

Le Cambodge est la colonie française qui produit le plus de kapok ; la production annuelle serait de 60.000 kilos, entièrement consommée par la population indigène pour la fabrication des matelas. La Cochinchine en produirait moins. Au Cambodge, des cultures ont été entreprises et ne peuvent donner que de bons résultats, l'arbre poussant sans aucun soin.

(1) Des produits utiles des Bombax... p. 35.

(2) Bulletin économique.... Indo-Chine, 1903, p. 133.

Lors de l'Exposition coloniale de Marseille (1906), j'ai pu observer dans le pavillon de l'Indo-Chine de beaux échantillons d'ouate et de fruits de kapokiers de provenances diverses : le kapok du *Bombax Ceiba* provenant de Laos-Khong et désigné « Hgiéou » par les indigènes ; le kapok du *Ceiba pentandra* provenant du Cambodge et appelé « Beng-gou », dont la récolte aurait lieu en juillet et qui ne se vendrait qu'enfermé encore dans son fruit, à raison de 1 piastre les 300 gousses ; des fruits de ce même *Ceiba* provenant de Phnom-Penh, appelés « kor » en indigène, qui seraient récoltés en mars et vendus à raison de 1 fr. 44 l'unité locale, qui est de 400 fruits ?

Le pavillon de Madagascar renfermait également de nombreuses collections de fruits de *Ceiba pentandra*, exposées par plusieurs colons de diverses contrées de l'île. La quantité de kapok exportée de cette colonie est à peu près insignifiante pour le moment, mais elle ne saurait tarder à prendre de l'importance.

Quelques échantillons de « duvet végétal » produit par le *Bombax buonopozense* et une photographie d'un gros tronc de « Denténier » (*Bombax* ?) témoignaient de l'existence de quelques Bombacées dans le Haut-Sénégal et le Niger ; de même du kapok dit supérieur et produit par *Bombax Ceiba*, à côté de kapok dit ordinaire et produit par *Ceiba pentandra*, se trouvaient renfermés dans la section de la Guinée française, dans le pavillon de l'Afrique Occidentale. Mais dans ces colonies, non seulement le kapok n'est encore l'objet d'aucun commerce, mais encore il n'est même pas utilisé sur place ; le nombre des kapokiers y étant cependant très grand, il faut croire que les indigènes ou les colons utiliseront à bref délai cette ressource commerciale.

CHAPITRE III

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DU KAPOK ET LEUR UTILISATION

I. — Propriétés physiques

Le kapok possède une très grande légèreté, due à la faible épaisseur de la membrane des poils qui le composent, en même temps qu'au diamètre assez grand de la cavité de ces derniers, qui est à peu près exempte de tout contenu. Il se laisse très difficilement mouiller par l'eau et se maintient pendant plusieurs mois à la surface de ce liquide sans s'immerger. L'eau, quand elle pénètre les poils, soit par l'ouverture basilaire si elle existe, soit par les déchirures accidentelles des parois, forme dans leur cavité une colonne souvent interrompue par de nombreuses bulles d'air.

La faible perméabilité qu'a le kapok dans l'eau, ne peut être expliquée que par la présence d'une cire dont la membrane des poils serait enduite : traité par l'alcool bouillant ou l'éther, le kapok perd un peu de ses qualités de flottabilité, mais ne se laisse pas encore mouiller.

BEILLE et LEMAIRE (1) ont montré « qu'après un séjour de quelques minutes à l'autoclave, dans une atmosphère de vapeur sous pression, vers 130°, la pénétration du kapok par l'eau est facilitée à la sortie de l'autoclave, et il peut être rapidement immergé. De même si dans une cloche où on fait le vide, on enfonce à demi du kapok dans de l'eau froide, on peut, au bout d'un certain temps, arriver à le faire plonger et à le laisser immergé

(1) BEILLE et LEMAIRE. — Le kapok et son emploi en médecine... p. 4.

sans qu'on ait besoin pour cela d'exercer de pression à sa surface ; la quantité d'eau qu'il retient dans ces conditions est relativement considérable, et elle peut être 2 à 3 fois supérieure à celle qu'absorberait de la ouate hydrophile à coefficient d'imbibition normal, laissée dans l'eau pendant cinq minutes. »

II. — Propriétés chimiques

Sous l'action de la chaleur, une masse de kapok augmente rapidement de volume ; les poils se séparent les uns des autres et s'envolent avec une grande facilité, ce qui ne manque pas d'être quelque peu gênant dans leur manipulation.

Dès le début de leur formation, les poils qui fourniront plus tard le kapok, possèdent une membrane cutinisée dans toute son épaisseur ; cette cutinisation s'accroît graduellement, et par suite il est facile de différencier le kapok du coton proprement dit, dont les poils ont une membrane essentiellement cellulosique.

La *fuchsine ammoniacale* colore en rouge vif le kapok, et la coloration est telle que ni la glycérine ni l'alcool n'entraînent sa décoloration.

L'*acide iodhydrique iodé* colore lentement en bleu verdâtre les filaments du kapok, dont il gonfle la membrane, tandis que par le même réactif, le coton est coloré en violet.

Le *chlorure de calcium iodé*, qui colore le coton en rose, puis en violet, colore le kapok en jaune.

La *liqueur de SCHWEIZER*, qui dissout le coton, altère profondément la membrane des filaments du kapok : celle-ci gonfle d'une façon exagérée et, après une action prolongée pendant plusieurs jours, elle constitue une masse informe où on ne saurait chercher le contour primitif du filament.

« A froid et avec l'*acide azotique*, le kapok prend immédiatement une coloration rouge brun, ce qui le différencie du coton et autres textiles végétaux qui restent incolores, et aussi des fibres animales qui jaunissent (1). »

(1) BEILLE et LEMAIRE. — Le kapok et son emploi en médecine... p. 5.

Les *solutions alcalines*, chaudes, communiquent au kapok une coloration brune et les membranes s'y gonflent beaucoup.

Après traitement par une *solution alcoolique concentrée de potasse*, le kapok prend une coloration d'un violet foncé dans une *solution iodo-iodurée*. L'excès de la cutine ayant été enlevé par cette saponification préliminaire, le kapok semble présenter alors quelques-unes des réactions de la cellulose : c'est ainsi qu'il se colore en violet dans une solution de *chlorure de zinc iodée*, et même en bleu si on prolonge le séjour dans ce réactif. De même, après saponification, le kapok se montre plus facilement attaqua-ble par la *liqueur cupro-ammoniacale* de SCHWEIZER.

Tous les procédés de saponification que j'ai employés en vue de débarrasser complètement la cellulose de la cutine qui l'imprègne, ont échoué, et le kapok continue à fixer les colorants de la cutine. L'imprégnation de la membrane par la cutine a lieu de si bonne heure et atteint un tel degré que cellulose et cutine sont intimement liées, et leur séparation nécessite une saponification tellement intense que la membrane en est tout altérée ; après dessiccation, les filaments du kapok ne forment plus qu'une masse amorphe inutilisable.

Le kapok est en partie saponifié par le *chlorure stannique* à chaud, au contact duquel il prend une coloration brune ; après lavage et dessiccation, il est devenu cassant, se fragmente facilement et se colore alors en violet par les réactifs iodés.

L'*acide chromique* ayant la propriété de dissoudre la cutine, j'ai mis du kapok à macérer dans des solutions de divers degrés de concentration de ce corps oxydant, et pendant un temps plus ou moins prolongé : j'ai pu observer ainsi que l'acide chromique ne lui enlevait que très difficilement son caractère de flottabilité tout en lui faisant perdre son élasticité et en altérant la membrane.

Kapok hydrophile. — Dans les différents essais chimiques que j'ai opérés sur le kapok, mes efforts ont surtout porté sur la possibilité de le rendre hydrophile, et par suite de le transformer en un succédané du coton. Plus spécialement dans ce but, j'ai fait subir au kapok le même traitement que l'industrie emploie dans la préparation du coton hydrophile. J'ai obtenu ainsi un kapok d'une extrême blancheur, retenant une très grande quan-

tité d'eau et de beaucoup supérieure à celle que peut retenir un même poids d'ouate hydrophile. Mais, par la dessiccation, les filaments s'agglutinent entre eux et forment finalement une masse plus ou moins compacte et extrêmement dure, cassante même, qui, mise à macérer dans l'eau, reprend son volume primitif, quoiqu'avec beaucoup de lenteur. Empêcher le kapok rendu hydrophile de se prendre en masse et lui conserver sa composition filamenteuse, à sa sortie de l'eau, tel est le problème à résoudre. Je dois avouer humblement que mes multiples recherches à cet égard n'ont pas été couronnées de succès : toutes ont échoué !

L'élasticité de la membrane des poils du kapok étant due à la cutine qu'elle renferme, si on débarrasse la membrane de cette dernière substance en vue de rendre le kapok hydrophile, une fois que celui-ci est soumis à la dessiccation et que l'eau abandonne la cavité cellulaire, la membrane s'affaisse par suite de la résistance insuffisante de son épaisseur cellulosique. La cavité devient virtuelle et le poil ne forme plus qu'un cordon plein de très petit diamètre ; les différents cordons ainsi constitués, et par suite même de leur faible diamètre, s'accolent entre eux et forment la masse compacte dont il a été parlé plus haut. Comme l'avaient fait prévoir BEILLE et LEMAIRE (1), il sera difficile d'obtenir avec le kapok « un produit pouvant rivaliser dans l'emploi chirurgical avec l'ouate hydrophile, surtout au point de vue de la facilité et de la rapidité d'imbibition ».

III. — Usages du Kapok

Ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire déjà, le kapok, utilisé d'abord uniquement dans les pays d'origine à la confection d'objets de couchage, se trouve aujourd'hui d'un usage beaucoup plus répandu et est employé un peu partout dans la fabrication de matelas, coussins et oreillers, remplaçant la laine ou la plume. A cause de l'élasticité très grande que possèdent les poils du kapok, élasticité bien accrue par l'action de la chaleur, les matelas renfermant du kapok jouissent d'une juste renommée à cause

(1) BEILLE et LEMAIRE. — Le kapok et son emploi en médecine... p. 5.

de leur souplesse et de leur difficulté à s'écraser ; une simple exposition à l'air et mieux encore au soleil, suffit pour donner à l'objet de couchage son volume primitif, sans qu'il soit nécessaire de le battre (1).

Mais l'usage du kapok ne se limite pas seulement à ces auxiliaires de literie, et ses propriétés de flottabilité lui ont valu d'être utilisé dans ces dernières années à la fabrication d'engins de sauvetage.

Engins de sauvetage. — D'après certains auteurs, le kapok supporterait dans l'eau 19 fois son poids en moyenne, et cette flottabilité s'étendrait pour d'autres auteurs jusqu'à supporter de 30 à 35 fois son poids ; de plus, il ne perdrait qu'une faible partie de sa force portative initiale, même après plusieurs jours d'immersion dans l'eau.

De telles propriétés ne pouvaient manquer de frapper l'esprit des observateurs et devaient faire entrer le kapok dans la construction des engins de sauvetage. Après de multiples expériences, l'Allemagne accorda à la maison Baswitz et Cie (2) un brevet qui est exploité en France par MM. Guérin frères. Mais les résultats obtenus avec ces engins ont été quelque peu contradictoires, et depuis le désastre du vapeur *Général-Slocum*, qui était pourvu de bouées de sauvetage en kapok, le gouvernement américain en a interdit l'emploi (3).

Il m'a été permis de voir dans le pavillon de l'Indo-Chine, à l'Exposition Coloniale de Marseille (1906), deux types de ceinture de sauvetage, qui m'ont paru être très pratiques et que l'inventeur, M. Paul MACEY, administrateur, présentait au public avec une note explicative dont voici les passages principaux fidèlement transcrits ou bien résumés :

(1) M. BASSIÈRES, Commissaire-adjoint de la Guyane à l'Exposition universelle de Paris (1900), écrit dans une note relative à cette Exposition : « La soie de Fromager est utilisée aux Antilles par les gens peu fortunés pour faire des matelas, des oreillers, et aux Etats-Unis pour la fabrication des chapeaux de soie. — BAILLON (*Hist. des Plantes*, vol. 4, 1873, p. 118) indique aussi que la bourre des Fromagers « a été employée en chapellerie, en chirurgie, etc. »

(2) D'après PERROT, *Des produits utiles des Bombax...* p. 37.

(3) D'après M. DUBARD, *Utilisation des poils végétaux*, le kapok (*La Nature*, 1906, p. 131.

« Le kapok, substance extra-légère, imperméable, mauvaise conductrice de la chaleur, imputrescible, inattaquable aux insectes et aux rongeurs (après égrenage), souple à souhait, possédant un pouvoir de flottabilité supérieur, à poids égal, à celui du liège. »

Serait fourni par l'*Eriodendron anfractuosum* appelé : *Niou* au Laos, *Kor* au Cambodge et *Hao-Goa* par les Annamites.

Plusieurs expériences concluantes ont démontré qu'un poids de 1 kilogramme de kapok suffit pour rendre insubmersible un corps humain pesant 70 kilogrammes.

Deux types d'appareils sont présentés : 1° le « *Sûa Kapok A* », à 2 gros flotteurs pour corps ne pesant pas plus de 75 kilogrammes ; 2° le « *Sûa Kapok B* », à 7 gros flotteurs pour corps pesant de 80 à 120 kilogrammes et au-delà.

« Ce qu'il y a de plus important à noter, c'est qu'avec l'un ou l'autre des types A ou B de *Sûa Kapok*, il est impossible quoi qu'on fasse, et le voulût-on même, de couler à fond. L'insubmersibilité est des plus assurées, même pour un corps privé de vie, et en outre le *Sûa Kapok*, qui enveloppe d'une sorte de matelas élastique la cage thoracique et l'estomac, protège efficacement les parties essentielles du corps humain contre les chocs sur les rochers ou autres corps fixes ou flottants. »

Ces engins, selon M. MACEY, absorbent par imbibition 5 fois environ leur poids d'eau, laquelle passe à travers les mailles du tissu-enveloppe et se loge entre les fibres du kapok ; mais cela ne nuit en rien à l'efficacité des engins comme flottabilité, car, sitôt hors de l'eau, ils se sèchent rapidement grâce à l'imperméabilité parfaite des fibres. « On peut, ajoutait-il, éviter cette imbibition en choisissant un tissu imperméable comme enveloppe. »

Des contradictions sur le degré de flottabilité du kapok existent donc. Elles me paraissent être le résultat d'expériences faites avec des kapoks absolument différents. D'après l'étude anatomique des différentes sortes de kapok, il est facile de se rendre compte que la bourre du *Ceiba pentandra* (dont les éléments le plus souvent fermés à leur base, à membrane fortement cutinisée et présentant des reliefs accentués sur une certaine étendue) convient mieux, au point de vue flottabilité, que celle des *Bombax*, dont les poils sont habituellement ouverts à leur base et ont une membrane peu cutinisée et dépourvue de reliefs.

Le kapok de *Ceiba pentandra* semble donc présenter toutes

les qualités désirables pour que, chacun de ses poils formant un flotteur absolument étanche, les engins de sauvetage, dans la fabrication desquels il serait uniquement employé, possèdent un degré de flottabilité très grand en même temps que constant ou à peu près constant, quelle que soit la durée de son immersion. Toutefois encore il est nécessaire que la récolte du kapok destiné à de tels usages, soit entourée de quelques précautions. A mon avis, en effet, les poils s'échappant naturellement du fruit mûr, sont, ainsi que je l'ai constaté, plus élastiques et plus souvent fermés à leur base que ceux, à paroi plus molle, que l'on arracherait de l'intérieur du fruit avant sa déhiscence naturelle ; dans ce dernier mode de récolte, qui est employé depuis quelques années, les poils arrachés montrent généralement une déchirure de leur base d'insertion, une petite ouverture par laquelle l'eau pourra pénétrer dans leur cavité, diminuant ainsi son pouvoir de flottabilité. Enfin, les poils étant très cassants, les manipulations doivent être aussi réduites que possible.

Emploi du kapok en médecine. — Le kapok peut remplacer le coton cardé dans la plupart de ses usages.

Lorsqu'on plonge la main dans une masse de kapok, on éprouve immédiatement, à son contact, la sensation d'une chaleur douce et pénétrante, qui m'avait fait songer à l'utiliser comme thermogène en applications sur les parties du corps à tenir chaudes. Pour un tel emploi, il serait nécessaire de l'obtenir en nappes dont on découperait la surface voulue, et par conséquent il serait indispensable de lui faire subir un cardage.

Grâce à la bienveillance de M. Astruc, professeur à l'Ecole de Pharmacie de Montpellier, qui m'a servi d'intermédiaire, j'ai envoyé à M. BARTH, directeur de la Fabrique internationale d'objets de pansements à Schaffouse (Suisse), une certaine provision de kapoks de diverses provenances, afin qu'il puisse effectuer sur eux des essais de cardage. A mon vif regret, M. BARTH m'a annoncé que toutes ses tentatives dans ce but étaient restées infructueuses : « Le kapok, m'écrivait-il, a des fibres trop courtes et trop fragiles pour supporter le cardage et être mis en nappes ; en les cardant et en les enroulant, « elles nous font grève et s'envolent ». Des machines spéciales seraient nécessaires, et encore M. BARTH m'a fait observer qu'au point de vue hygiénique, l'ouvrier aurait

beaucoup de peine à carder, tellement sa respiration serait incommodée par les débris de filaments « en grève ». L'inconvénient respiratoire ne serait pas seul, et le naturaliste M. LAGLAIZE m'écrivait qu'au moment de la déhiscence des fruits des Fromagers, à Sedhiou, où ils sont nombreux, les filaments de kapok emportés par le vent sont très gênants et occasionnent beaucoup d'ophtalmies. J'ai d'ailleurs observé moi-même que les débris de kapok portés par l'atmosphère provoquaient des démangeaisons sur les parties de la figure où ils se déposaient, comme par exemple la naissance des ailes du nez.

Préparation d'un collodion. — Après BEILLE et LEMAIRE (1), j'ai préparé un collodion avec le kapok, suivant le procédé indiqué par ces auteurs.

Dans un mélange officinal d'acide azotique et d'acide sulfurique, le kapok prend immédiatement une teinte sanguine ; la réaction est très vive et l'élévation de température beaucoup plus grande que dans la préparation du fulmicoton, nécessite de grandes précautions. Le fulmi-kapok devient jaune dans la suite et conserve cette couleur ; il déflagre lentement en laissant un léger résidu formé par la cutine. Il ne se dissout qu'en partie dans le mélange éthéro-alcoolique et forme un collodion jaunâtre qui, appliqué sur la peau et après évaporation, laisse une pellicule de même couleur, peu souple mais adhérente.

Action de l'iode. — L'iode ne se combine pas au kapok pour former un composé instable, analogue au coton iodé. L'iode agit fortement sur la cutine, et le kapok noircit en même temps qu'il devient pulvérulent. Contrairement à ce qui se passe avec le coton iodé, dont l'iode est remis en liberté, abandonnant la cellulose non altérée, le kapok iodé conserve son iode, qui a formé avec la cutine un composé stable et a dénaturé complètement la membrane des poils. Il n'y a donc pas d'utilisation possible sous ce rapport.

(1) BEILLE et LEMAIRE. — Le kapok et son emploi en médecine... p. 6.

CHAPITRE IV

AUTRES PRODUITS UTILES FOURNIS PAR LES ARBRES A KAPOK

1° GRAINE. — Après le kapok, le produit le plus utile fourni par les kapokiers est la graine. On compte de 80 à 100 graines par fruit, qui représentent à peu près la moitié du poids total du fruit ; c'est ainsi qu'une capsule de *Bombax Ceiba* pesant 15 grammes, après séparation des valves, m'a fourni :

Kapok	6 gr.
Graines (84)	7 gr.
Pédoncule et placenta	2 gr.

Les graines du *Bombax insigne* (SAV.), cultivé aux Antilles, seraient employées après torréfaction par les indigènes comme un succédané du cacao.

La graine du *Ceiba pentandra* est la plus utilisée. Les indigènes des Célèbes la mangeraient cuite ou crue ; les Chinois, écrit-on, s'approvisionneraient à Java de graines dont ils extrairaient l'huile pour la mélanger à celle d'arachides. Mais c'est en Hollande surtout que les graines du *Ceiba pentandra*, importées avec le kapok, serviraient à l'extraction d'une huile jaune clair et de saveur agréable, comparable à l'huile de coton.

La graine, dont le tégument forme de 40 à 43 % du poids total, renfermerait 24,2 %¹ de matières grasses, dont 17,8 % d'une huile riche en stéarine (1). L'huile extraite a une densité de 0,92 à 15° C. ; elle est d'une grande limpidité, d'un goût rappelant l'huile

(1) Voir : *National Provisioner* du 24 janvier 1903, ou *Journal de l'Indo-Chine*, n° 17, mai 1903.

d'arachides et peut être consommée sans danger, après expériences faites à cet égard.

Le tourteau de kapok, étudié par COLLIN et PERROT (1), se présenterait « en fragments irréguliers, formés d'une gangue grisâtre, incrustée d'une quantité de piquetures brunes représentant les débris du tégument séminal ». Riche en huile, ce tourteau peut servir à l'alimentation du bétail et à l'engraissement des terres.

2° ECORCE : FIBRES TEXTILES. — Dans le pavillon de la Chambre de commerce de Pondichéry à l'Exposition Coloniale de Marseille (1906) se trouvaient exposées des « fibres textiles d'*Eriodendron* », ainsi que l'indiquait l'étiquette qui les accompagnait. Ces fibres, mesurant 1 mètre de longueur environ, se présentaient sous la forme de rubans de couleur brune, d'une épaisseur de 1/4 à 1/2 millimètre et d'une largeur de 3 millimètres en moyenne. Elles sont très résistantes et leur structure anatomique m'a fourni leur origine botanique : ce sont des productions corticales, comprenant 1, 2 ou 3 couches concentriques de fibres libériennes.

Toutes les écorces de *Ceiba pentandra* ne doivent pas convenir à cette séparation en fibres ; car, parmi les écorces que j'ai reçues, il en était qui, portant des aiguillons, ne se laissaient pas diviser, tandis que d'autres au contraire, à surface lisse, se subdivisaient par simple dessiccation en feuilles minces. Dans une écorce provenant d'Hanoï et mesurant 3 millimètres d'épaisseur, j'ai pu compter dix feuilles complètes qui se sont détachées naturellement de la face interne sur toute la longueur du fragment.

Ces fibres textiles étant à peine connues, je ne pense pas qu'elles soient encore l'objet d'un commerce quelque peu important.

3° Bois. — Le bois des Fromagers est utilisé sur place et à cause de sa légèreté à divers travaux où cette condition est nécessaire. C'est ainsi qu'à Sedhiou (Sénégal) le tronc des « Bentaniers » est employé par les indigènes à la construction de ces énormes pirogues qu'ils appellent « *ɣayas* » et dont certaines

(1) EUG. COLLIN et EM. PERROT. — Les résidus industriels... p. 191.

jaugent jusqu'à 10 et même 12 tonnes ; cependant le bois de ces *Ceiba* est peu résistant par suite de sa porosité et il ne peut avoir qu'un service de courte durée, deux ou trois ans.

ADANSON (1), à propos de son 3^e système de classification basé sur le diamètre ou la grosseur du tronc, s'exprime ainsi : « Mais que sont ces arbres, en comparèson des *Seiba* ou *Benten* de la côte d'Afrique, depuis le Sénégal jusqu'à Kongo, dont on fait des Pirogues de 8 à 12 piés de large sur 50 à 60 piés de long, capables de porter 200 hommes et du port ordinaire de 25 toneaux de 2 milliers, qui font 50 mille pesant. »

BAILLON (2) rapporte qu' « à Bénin (Guinée), le *Bombax buonopozense* sert, comme le tronc gigantesque des Baobabs, à faire des pirogues d'une seule pièce, d'une grandeur d'émesurée et d'un poids relativement grand ; dans l'Inde, le *Bombax Ceiba* et le *B. Gossypium*, dont le bois peut remplacer le liège, dans la Gambie l'*Eriodendron anfractuosum*... servent au même usage... Le bois de l'*Ochroma lagopus* sert aussi de liège en Amérique... Le bois de l'*Ochroma tomentosum* (vulg. *Balso*, *Palo de balsa*) sert en Colombie à la fabrication de radeaux légers qui descendent la Magdalena ». D'après ce même auteur, « au Brésil, le *Bombax ventricosum* ARRUD a un bois si léger qu'il sert à fabriquer l'énorme planchette ou botoque que les Indiens *Guaycurus* portent à la lèvre ou aux oreilles, et dont le poids est peu considérable, relativement au volume de ce singulier ornement. »

Dans les Antilles, le bois de l'*Ochroma lagopus* (vulg. *Balsa*) servirait aussi à la construction de canots ou « canoes », suivant le vocable indigène.

Enfin, les arbres à kapok poussant avec une très grande rapidité, on a essayé d'utiliser leur ombrage, déjà mis à profit auprès des habitations, pour protéger certaines cultures comme celles du Caféier, ou bien comme les lianes à poivre et à cubèbe qu'ils supportent en même temps. Mais leur bois étant très cassant et pouvant être renversés par le vent, ces arbres occasionnent quelquefois de grands dégâts dans les plantations.

(1) ADANSON. — Familles des Plantes... p. CCX.

(2) BAILLON. — Histoire des Plantes..., t. 4, p. 119

4° PROPRIÉTÉS THÉRAPEUTIQUES. — C'est dans REEDE que l'on trouve les premières indications sur les propriétés thérapeutiques des Bombacées :

« La racine desséchée du *Panja* [= *Ceiba pentandra* (L.)] s'emploie pour prévenir les spasmes. Les fleurs et les fruits tendres, écrasés, réduits sous forme de cataplasmes et appliqués sur la tête l'ont disparaître la céphalalgie et le vertige (1). »

Le même auteur, à propos du *Moul-Elavou* (= *Bombax heptaphyllum* L.), s'exprime ainsi : « L'écorce de cet arbre, réduite en poudre et employée en liniment avec du suc de limon, apaise toutes les inflammations et les fractures d'os ; si on la mélange avec du vin de noix d'Inde (*nuce Indica vino*), on l'emploie en liniment contre l'herpès. Avec l'écorce de la racine on fait un bon vomitif. Le liquide doux que l'on recueille dans la fleur, employé avec les feuilles de *Balam-Pulli* ou de Tamarin, chasse énergiquement toutes les humeurs aqueuses par l'intestin et la vessie (2). »

RUMPHIUS (3) signale que « certains peuples des îles Célèbes recherchent les graines de l'*Eriophoros Javana* [= *Ceiba pentandra* (L.)] et les mangent soit crues, soit cuites, après les avoir exposées légèrement au feu jusqu'à ce que leur enveloppe s'entr'ouvre. La saveur en est douce et elles fournissent un aliment nourrissant. D'autres, au contraire, condamnent et interdisent qu'on en fasse un fréquent emploi ; à leur dire, elles lubrifieraient trop l'intestin et provoqueraient la dysenterie. Les femmes cueillent les feuilles nouvelles de cet arbre pour s'en laver les cheveux ; elles leur servent à se nettoyer la tête et à faire pousser longs et souples les cheveux. Cet usage concerne, il est vrai, les femmes et les Chinois (qui tressent leurs cheveux) plutôt que les hommes. Beaucoup au contraire condamnent l'emploi de ces feuilles comme rendant les cheveux poisseux au lieu de secs. Ils ne les emploient que pour rafraîchir la tête quand ils sont gênés par la trop grande chaleur ou par une douleur quelconque. »

Il y a donc plusieurs siècles que les indigènes attribuent aux kapokiers diverses propriétés thérapeutiques dont ils tirent parti.

(1) REEDE. — *Hortus malabaricum*... t. III, 1682, p. 60.

(2) REEDE. — *Hortus malabaricum*... t. III, 1682, p. 61.

(3) RUMPHIUS. — *Herbarium Amboinense*, 1^{re} part., 1750, p. 196.

Si quelques-unes peuvent nous paraître imaginaires et très douteuses, d'autres, au contraire, ne doivent pas nous étonner et trouvent leur explication dans la présence dans le contenu cellulaire de ces végétaux de deux éléments principaux : la substance gommeuse et le tanin. C'est ainsi que le traitement de l'herpès, signalé par REEDE, serait efficace grâce au tanin ; tandis que les propriétés, quelque peu contradictoires, rapportées par RUMPHIUS, seraient dues à la fois au tanin et à la gomme.

Il est plus difficile d'expliquer les propriétés vomitives de l'écorce que BAILLON (1) signale aussi à propos des kapokiers américains, et plus particulièrement au sujet d'*Eriodendron anfractuosum* D. C. et d'*Ochroma lagopus* Sw. D'après ce même auteur, les fleurs de *Bombax malabaricum* D. C. sécrèteraient un nectar qui serait à la fois purgatif et diurétique.

Selon HECKEL (2), le *Bombax globosum* aurait des bourgeons diurétiques et l'écorce en serait vomitive, tandis que la bourre des fruits servirait à la confection d'oreillers propres à provoquer la transpiration.

On a attribué encore aux fruits des *Bombax* des propriétés sternutatoires. A. CHEVALIER, dans sa *Flore économique du Sénégal et du Soudan*, rapporte, en effet, que « les Indigènes rendent le tabac à priser plus fort en y mélangeant les cendres obtenues par la calcination des fruits de Fromager ».

Enfin, les propriétés antiblennorrhagiques, signalées par PERROT (3) et dues aux jeunes feuilles réduites en pâte, ainsi que le pouvoir antidiarrhéique de la décoction de la racine, ne sauraient nous surprendre, car elles se trouvent dans la plupart des Malvacées, avec lesquelles les Bombacées ont de si grandes affinités.

Les matériaux nécessaires à la vérification de ces nombreuses assertions m'ayant fait défaut, j'ai dû me borner à recueillir et à citer simplement comme mémoire ces diverses propriétés thérapeutiques.

(1) BAILLON. — Histoire des Plantes, t. IV, 1873, p. 116.

(2) HECKEL. — Les plantes médicinales et toniques de la Guyane Française, 1897.

(3) PERROT. — Des produits utiles des *Bombax*... p. 31.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

De l'étude anatomique complète de *Ceiba pentandra*, il résulte que les Adansoniées présentent avec les sous-tribus et tribus voisines des affinités beaucoup plus grandes que celles qui avaient été établies jusqu'à ce jour. Le *Ceiba pentandra* possède en commun, en effet, avec les Malvées supérieures, les caractères suivants :

1° L'épiderme, à cuticule épaisse, porte des poils glanduleux, renflés en massue ;

2° Le périderme est d'origine sous-épidermique ;

3° Dans la tige, le tissu cortical est différencié en un collenchyme extérieur et un parenchyme intérieur, riche en cellules à gomme ; le péricycle forme des amas fibreux, irréguliers, mais très développés, au sommet des cônes libériens ;

4° Le liber secondaire est nettement stratifié par des bandes de fibres libériennes ;

5° L'amidon est très abondant dans le bois en général, et plus particulièrement dans le bois de la racine ;

6° Les cellules ou poches à gomme sont nombreuses dans l'écorce, la moelle, le parenchyme pétioleaire et les cellules hypodermiques du limbe ;

7° Les divers organes sont riches en oxalate de chaux.

De même, avec les Hibiscées, les Adansoniées présentent en commun les caractères suivants :

1° Les vaisseaux libéro-ligneux sont peu nombreux et d'un grand diamètre ;

2° La graine, dans le genre *Gossypium*, ne diffère de celle du genre *Ceiba* que par les cellules épidermiques du tégument différenciées en coton dans *Gossypium* et par la présence de canaux sécréteurs dans les cotylédons, faisant défaut dans *Ceiba*.

3° Dans *Ceiba*, existent dans le bois de la tige de grandes cavités à gomme, analogues à celles que possèdent les genres *Hibiscus* et *Gossypium*, où elles seraient d'origine parasitaire.

Enfin, la formation de faisceaux bicollatéraux dans le pétiole constitue un caractère commun aux Sterculiacées et Tiliacées d'une part et à *Ceiba pentandra* d'autre part, et probablement aux Adansoniées en général. La différenciation dans la tige d'une couche de sclérites aux dépens des assises les plus internes du collenchyme, que j'ai observée chez *Ceiba*, se retrouve avec les mêmes dispositions chez quelques Sterculiacées, Tiliacées et Malvées.

Ainsi, au point de vue anatomique, le *Ceiba pentandra* ne possède aucune particularité pouvant le caractériser. Il doit être considéré comme une Malvée de très grande taille, dont les fruits sont remplis d'une bourre produite par les parois internes de ces derniers.

Le kapok semble présenter une structure particulière dans chacun des genres, et dans les quatre espèces où je l'ai étudié il se montre avec des caractères propres à chacun des genres *Ceiba*, *Bombax* et *Ochroma* et avec des caractères communs dans les deux espèces du genre *Bombax* (*B. Ceiba* et *B. buonopozense*). Le kapok peut donc être déterminé génériquement.

Par ses propriétés physiques, le kapok est appelé à jouer un grand rôle dans l'économie domestique ainsi que dans la fabrication des appareils de sauvetage. Il importera, dans ce dernier cas, afin d'obtenir un degré de flottabilité maximum, d'employer l'ouate de *Ceiba pentandra*, prélevée sur des fruits à maturité complète et à laquelle on fera subir le minimum de manipulations.

En pharmacie, le kapok, une fois cardé par des machines spéciales et appropriées, pourra remplacer avantageusement le coton toutes les fois qu'il s'agira de l'employer comme thermogène. Mais il semble que le kapok ne doive jamais remplacer le coton hydrophile, car s'il est facilement rendu absorbant, il devient inutilisable après la dessiccation, qui occasionne l'agglutination de ses filaments.

Dans l'économie domestique, les graines du *Ceiba* fournissent une huile comestible en laissant un tourteau utilisé dans l'économie rurale.

Enfin, l'écorce de *Ceiba* se laisse diviser en fibres textiles dont l'usage encore limité ne peut manquer de s'accroître.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	Pages V
INTRODUCTION	I

PREMIÈRE PARTIE

CONTRIBUTION A L'HISTOIRE BOTANIQUE DES BOMBACÉES

CHAPITRE PREMIER. — ETUDE MORPHOLOGIQUE DE <i>Ceiba pentandra</i> (L.).	9
I. — Morphologie externe.	9
II. — Structure anatomique	21
A. — Racine	21
B. — Tige	27
C. — Feuille	45
D. — Fleur	57
E. — Fruit	59
F. — Graine	73
III. — Résumé	79

CHAPITRE II. — MORPHOLOGIE COMPARÉE DE LA FLEUR, DU FRUIT ET DE LA GRAINE DE QUELQUES BOMBACÉES . . .	81
I. — <i>Bombax Ceiba</i> Linné	81
A. — Fleur	81
B. — Fruit	86
B ₁ . Fruit à l'état jeune.	86
B ₂ . Fruit mûr	92
C. — Graine.	97
D. — Tableau comparatif montrant les différences entre le <i>Ceiba pentandra</i> (L.) et le <i>Bombax Ceiba</i> L., d'après les caractères tirés de la fleur et du fruit	104

II. — <i>Bombax buonopozense</i> Pal. de Beauv.	105
A. — Fruit	105
B. — Graine	111
C. — Différences entre la structure du fruit de <i>Bombax</i> <i>Ceiba</i> et celle du fruit de <i>B. buonopozense</i>	114
III. — <i>Ochroma lagopus</i> Sw.	114
A. — Fruit	115
B. — Graine	117
C. — Caractères différentiels du fruit de l' <i>Ochroma</i> <i>lagopus</i> par rapport aux fruits des genres <i>Ceiba</i> et <i>Bombax</i>	117
CHAPITRE III. — AFFINITÉS ANATOMIQUES DES BOMBACÉES.	119

DEUXIÈME PARTIE

ETUDE DES PRODUITS FOURNIS PAR QUELQUES BOMBACÉES

CHAPITRE PREMIER. — MORPHOLOGIE DU KAPOK	125
I. — Kapok du <i>Ceiba pentandra</i>	126
II. — Kapok du <i>Bombax Ceiba</i> et du <i>B. buonopozense</i>	130
III. — Kapok de l' <i>Ochroma lagopus</i>	130
IV. — Tableau résumant les caractères distinctifs des kapoks entre eux	131
CHAPITRE II. — PRODUCTION, CULTURE ET RÉCOLTE DU KAPOK	132
CHAPITRE III. — PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DU KAPOK ET LEUR UTILISATION	135
I. — Propriétés physiques	135
II. — Propriétés chimiques	136
III. — Usages du kapok	138

CHAPITRE IV. — AUTRES PRODUITS UTILES FOURNIS PAR LES

ARBRES A KAPOK	143
I. — Graine	143
II. — Ecorce : fibres textiles	144
III. — Bois	144
IV. — Propriétés thérapeutiques	146
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	148

VU BON A IMPRIMER :
Montpellier, le 7 avril 1907.
Le Président de la thèse,
D^r Louis PLANCHON.

Vu et approuvé :
Montpellier, le 22 avril 1907.
Le Directeur de l'Ecole,
E. MASSOL.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 22 avril 1907.
Pour le Recteur,
Le Vice-Président du Conseil de l'Université,
VIGIÉ.



